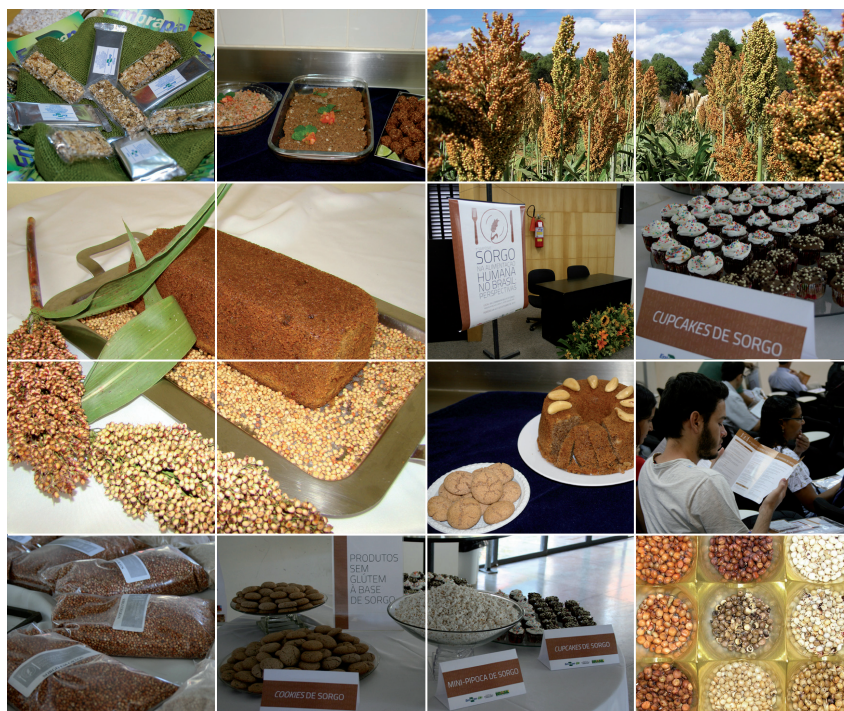


1º Simpósio Sorgo na Alimentação Humana no Brasil: Perspectivas



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

Documentos 170

1º Simpósio Sorgo na Alimentação Humana no Brasil: Perspectivas

Valéria Aparecida Vieira Queiroz
José Avelino Santos Rodrigues
Cícero Bezerra de Menezes
Robert Eugene Schaffert

Editores Técnicos

Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

Home page: www.cnpms.embrapa.br

E-mail: cnpms.sac@embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Dagma Dionísia da Silva, Maria Marta Pastina, Monica Matoso Campanha, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro e Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: Valéria Vieira Queiroz

Arte: Alexandre Esteves

1ª edição

1ª impressão (2014): on line

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Simpósio Sorgo na Alimentação Humana no Brasil: perspectivas

(1.:2014, Sete Lagoas).

Palestras [do] I Simpósio Sorgo na Alimentação Humana no Brasil: perspectivas / Valéria Aparecida Vieira Queiroz, José Avelino Santos Rodrigues, Cicero Bezerra de Menezes, Robert Eugene Schaffert, editores técnicos. – Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014.

91 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 170).

1. *Sorghum bicolor*. 2. Alimento. 3. Nutrição. 4. Mercado. I. Queiroz, Valéria Aparecida Vieira II. Rodrigues, José Avelino Santos. III. Menezes, Cicero Bezerra de. IV. Schaffert, Robert Eugene. V. Título.

CDD 633.174 (21.ed.)

© Embrapa 2014

Autores

Carlos Wanderlei Piler de Carvalho

Embrapa Agroindústria de Alimentos. Avenida
das Américas, 29501,
23020-470 Rio de Janeiro-RJ

Caroline Liboreiro Paiva

Professora da Universidade Federal de São
João del-Rei/ Campus de Sete Lagoas - UFSJ,
doutoranda da Universidade Federal de Minas
Gerais – UFMG

Cícero Beserra de Menezes

Pesquisador da área de Melhoramento Genético
de Sorgo da Embrapa Milho e Sorgo,
Sete Lagoas, MG

Érica Aguiar Moraes

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP,
Faculdade de Engenharia de
Alimentos, Departamento de Alimentos e
Nutrição.

Frederico Augusto Ribeiro de Barros

Professor do Departamento de Tecnologia de Alimentos- Universidade Federal de Viçosa – PhD no Soil and Crop Sciences Department, Texas A&M University- College Station, Texas- USA

Helena Maria Pinheiro Sant’Ana

Universidade Federal de Viçosa - UFV,
Departamento de Nutrição e Saúde.

Hércia Stampini Duarte Martino

Universidade Federal de Viçosa - UFV,
Departamento de Nutrição e Saúde.

José Avelino Santos Rodrigues

Pesquisador da área de Melhoramento Genético de Sorgo da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

José Luis Ramírez Ascheri

Embrapa Agroindústria de Alimentos. Avenida das Américas, 29501, 23020-470 Rio de Janeiro- RJ

Jhony Willian Vargas Solórzano

Doutorando no Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica- RJ

Leandro de Moraes Cardoso

Universidade Federal de Viçosa - UFV,
Departamento de Nutrição e Saúde.

Mário Roberto Maróstica Júnior

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP,
Faculdade de Engenharia de
Alimentos, Departamento de Alimentos e Nutri-
ção.

Paulo Motta Ribas

Engenheiro Agrônomo, Consultor Técnico da em-
presa Valor Orientações
Agropecuárias Ltda. Sete Lagoas-MG

Soraia Silva Pinheiro

Universidade Federal de Viçosa - UFV, Depart-
amento de Nutrição e Saúde.

Valéria Aparecida Vieira Queiroz

Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, área de
segurança Alimentar,
Nutrição e Saúde, Sete Lagoas, MG

Apresentação

O 1º Simpósio “Sorgo na Alimentação Humana no Brasil: Perspectivas”, realizado entre os dias 29 e 31 de outubro de 2012, na Embrapa Milho e Sorgo, teve como objetivo geral avaliar cientificamente o processo e os potenciais impactos de introdução e adoção do uso do sorgo na alimentação humana no Brasil, bem como propor estratégias para preencher lacunas de conhecimento, que possam subsidiar decisões nos diversos níveis operacionais.

Ações e atividades diversas, como apresentações de conferências, palestras, mesas redondas e discussões técnicas e científicas, focando o tema do uso do sorgo na alimentação humana, foram desenvolvidas durante o evento. Representantes da comunidade científica nacional e internacional, extensionistas, empresários, produtores rurais, estudantes universitários e representantes de indústrias dos setores agropecuário e alimentício, num total de 131 pessoas, interagiram propondo soluções para as várias lacunas de conhecimento sobre o tema.

Os diferentes temas abordados durante o evento foram divididos em quatro painéis: (i) Potencial do sorgo para aplicação em produtos alimentícios: uma visão da pesquisa; (ii) Potencial do sorgo para aplicação em produtos alimentícios sem glúten: uma visão do mercado e da indústria de alimentos; (iii) Nutrientes e compostos bioativos do sorgo: resultados de pesquisas; (iv) Potencial do sorgo como alimento funcional: resultados de pesquisas. Em cada painel foram realizadas palestras por pesquisadores com expertise nas diversas áreas abordadas, com apresentação dos principais resultados das últimas pesquisas. Estes painéis foram seguidos por grupos de discussão a fim de buscar as demandas tanto da pesquisa quanto da cadeia produtiva de sorgo para alimentação humana. Ao final, a plateia foi estimulada a discutir sobre as demandas levantadas no decorrer do evento, bem como a formular estratégias para mitigar os principais problemas enfrentados atualmente.

As principais palestras do 1º Simpósio “Sorgo na Alimentação Humana no Brasil: Perspectivas” encontram-se resumidas nesta publicação.

Antonio Alvaro Corsetti Purcino
Chefe-Geral
Embrapa Milho e Sorgo

Sumário

Uso do Sorgo na Alimentação Humana: Panorama Atual ..	9
A Cultura do Sorgo Granífero no Brasil:	
Aspectos Relativos à Produção	17
O Mercado de Sorgo no Brasil: da Colheita à	
Comercialização	24
Potencial do Sorgo para Aplicação em Produtos	
Alimentícios	42
Extrudados Expandidos de Grãos de Sorgo Integral de	
Pericarpos Diferenciados	53
Desenvolvimento e Avaliação Sensorial de	
Barras de Cereais com Sorgo	61
Taninos, Um Problema ou Um Benefício?	64
Carotenoides e Vitamina E em 100 Diferentes	
Genótipos de Sorgo	70
Farinha de Sorgo Integral e Frações Decorticadas e seus	
Efeitos na Obesidade e Comorbidades	75
Potencial do Sorgo para Modular Parâmetros	
Relacionados à Obesidade em Humanos	82

1º Simpósio Sorgo na Alimentação Humana no Brasil: Perspectivas

Palestras

Uso do Sorgo na Alimentação Humana: Panorama Atual

Frederico Augusto Ribeiro de Barros

Professor do Departamento de Tecnologia de Alimentos- Universidade Federal de Viçosa – PhD no *Soil and Crop Sciences Department, Texas A&M University- College Station, Texas- USA*

Nos últimos anos, o número de casos envolvendo doenças crônicas, como câncer e obesidade, aumentou na população mundial e existe uma tendência para que este número continue crescendo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011). Obesidade está associada com aumento na incidência de diabetes, doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (BRAY, 2004). Nos Estados Unidos, as taxas de obesidade dobraram nas últimas décadas e atualmente 35,7% da população adulta americana está obesa (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2010). Os custos médicos associados com obesidade nos Estados Unidos foram estimados em U\$147 bilhões em 2008 (FINKELSTEIN; STROMBOTNE, 2010). Desta forma, alternativas com custo menor para prevenir obesidade,

tais como dieta saudável e atividades físicas regulares devem ser consideradas.

Dietas com baixos teores de gordura e açúcar, e ricas em frutas e grãos ajudam a prevenir obesidade (KUMAR; SINGH, 2009). Ingestão regular de cereais integrais está ligada a redução de riscos de muitas doenças crônicas, incluindo obesidade e diabetes. Amido resistente, inulina e compostos fenólicos estão presentes nos cereais integrais e são os principais responsáveis na prevenção destas doenças (LIU, 2007).

O sorgo é classificado como o quinto cereal mais importante no mundo (FAO, 2009). É um cereal muito importante nas áreas semi-áridas da África e Ásia, e seu uso está aumentando em países do ocidente, como Estados Unidos, como ingrediente para produção de alimentos sem glúten (ASIF et al., 2010). Este crescimento em popularidade está relacionado principalmente com as suas vantagens agronômicas (resistência a seca, alta produtividade e baixo custo de produção) e benefícios para saúde (digestibilidade lenta do amido, redução nas doenças cardiovasculares, capacidade antioxidante e propriedades anticarcinogênicas) (AWIKA; ROONEY, 2004; AWIKA et al., 2009; BURDETTE et al., 2010).

Algumas cultivares de sorgo (Fig. 1) possuem altos níveis de compostos fenólicos tais como taninos condensados (proantocianidinas), 3-deoxiantocianinas e outros flavonoides concentrados no farelo (AWIKA et al., 2005). Estas cultivares possuem a maior capacidade antioxidante (Trolox mM) entre os cereais (Fig. 2). Taninos condensados, especialmente os de alto peso molecular, possuem maior capacidade antioxidante *in vitro* e *in vivo* do que simples compostos fenólicos e

outros antioxidantes naturais (HAGERMAN et al., 1998; TIAN et al., 2012). Além da alta capacidade antioxidante, taninos condensados interagem com proteínas e amido reduzindo suas digestibilidades (HAGERMAN et al., 1992; DAVIS; HOSENEY, 1979; BARROS et al., 2012) o que é benéfico na prevenção de obesidade e diabetes. As principais 3-deoxiantocianinas presentes no sorgo, Luteolinidina (cor laranja) e Apigeninidina (cor amarela) apresentam significativa capacidade antioxidante e ótima estabilidade a variações de pH e calor comparadas com antocianinas de frutas (AWIKA et al., 2004). Desta forma, existe um grande potencial do uso de antocianinas do sorgo como corante natural em alimentos, o que poderia substituir ou complementar corantes artificiais e naturais (urucum, cúrcuma e cochochila).



Figura 1. Cultivares de Sorgo

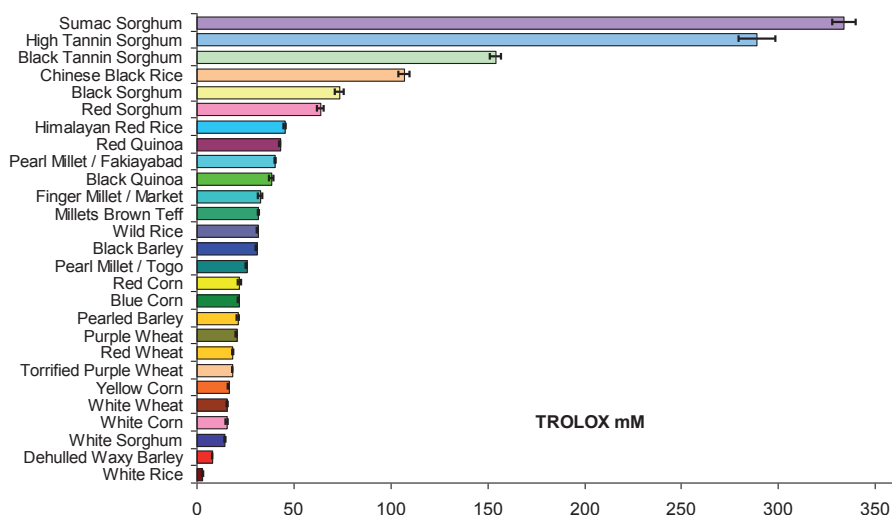


Figura 2. Capacidade antioxidante (Trolox mM) entre cereais

Fonte: Awika (2003)

Produtos como pão fermentado, panquecas, cuscuz, mingau e cerveja à base de sorgo são consumidos em muitos países da África e Ásia (AWIKA; ROONEY, 2004). O uso do sorgo nos Estados Unidos era principalmente para alimentação animal e produção de álcool. Nos últimos anos, o uso do sorgo para alimentação humana aumentou significativamente. Em razão dos resultados de várias pesquisas mostrando os benefícios do sorgo para saúde, principalmente por causa dos altos teores de fibra alimentar e compostos fenólicos, e de que sorgo não possui glúten, várias empresas estão produzindo alimentos usando farinha e farelo de sorgo. Exemplos de produtos e indústrias produtoras são: barras de cereais e cookies (Enjoy Life), farinha de sorgo (ADM; Nu Life Market), farelo de sorgo (Nu Life Market), cereais matinais (Enjoy Life; General Mills; The Silver Palate), massa para pizza e torta (Pillsbury); massa para pão e pizza sem glúten (Pamela's), cerveja (New Grist; Bard's;

RedBridge), xarope (Golden Barrel), pipoca (Just Poppin) e grãos inteiros (Shiloh Farms).

Atualmente, muitos trabalhos de pesquisa com o sorgo estão sendo desenvolvidos, principalmente nos Estados Unidos. Alguns exemplos de linhas de pesquisas são: 1) Identificação, biodisponibilidade e estabilidade de compostos fenólicos; 2) Propriedades anti-carcinogênicas dos compostos fenólicos do sorgo; 3) Digestibilidade do amido e proteína; 4) Uso da farinha e do farelo do sorgo em alimentos; 4) Diferentes métodos de extração dos compostos fenólicos do sorgo.

Em outros países como Brasil, El Salvador e Japão já existe um esforço para promover o uso do sorgo na alimentação humana. Por causa do baixo preço de produção comparado ao de trigo e milho, das propriedades funcionais e da ausência de glúten, a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), no Brasil, e o CENTA (Centro Nacional de Tecnologia Agropecuária y Forestal), em El Salvador, promovem o uso do sorgo através de vários projetos de pesquisa, workshops, simpósios, etc. O Japão importa farinha de sorgo branco dos Estados Unidos para produção de produtos como snacks, risoto e extrudados e desta forma substitui o arroz nas formulações.

Portanto, o sorgo merece mais atenção para fazer parte da alimentação de muitas pessoas no mundo. Para se obter sucesso neste mercado de produtos à base de sorgo (sem glúten e com altos teores de antioxidantes e fibra alimentar) precisa-se de uma cadeia de suprimentos confiável, um preço competitivo e um mercado que tenha interesse por alimentos mais saudáveis (o que é uma tendência).

Referências

ASIF, M.; ROONEY, L. W.; ACOSTA-SANCHEZ, D.; MACK, C. A.; RIAZ, M. N. Uses of sorghum grain in gluten-free products. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 55, p. 285-291, 2010.

AWIKA, J. M. **Antioxidant properties of sorghum**. 2003. Tese (Doutorado) - Texas A&M University, College Station, 2003.

AWIKA, J. M.; McDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W. Decorticating sorghum to concentrate healthy phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, p. 6230-6234, 2005.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**, New York, v. 65, p. 1199-1221, 2004.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D. Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, Essex, v. 90, p. 293-301, 2004.

AWIKA, J. M.; YANG, L.; BROWNING, J. D.; FARAJ, A. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 1041-1046, 2009.

BARROS, F.; AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Interaction of tannins and other sorghum phenolic compounds with starch and effects on in vitro starch digestibility. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, p. 11609-11617, 2012.

BRAY, G. A. Medical consequences of obesity. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, Baltimore, v. 89, p. 2583-2589, 2004.

BURDETTE, A.; GARNER, P. L.; MAYER, E. P.; HARGROVE, J. L.; HARTLE, D. K.; GREENSPAN, P. Anti-inflammatory activity of select sorghum (*Sorghum bicolor*) brans. **Journal of Medicinal Food**, Binghamton, v. 13, p. 879-887, 2010.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION - CDC. **Adult obesity facts**. 2010. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/obesity/data/adult.html>>. Acesso em: 26 fev. 2014.

DAVIS, A. B.; HOSENEY, R. C. Grain sorghum condensed tannins. I. Isolation, estimation, and selective adsorption by starch. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 56, p. 310-314, 1979.

FINKELSTEIN, E. A.; STROMBOTNE, K. L. The economics of obesity. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 91, p. 1520S-1524S, 2010.

FAO. **Food and agricultural commodities production**. 2009. FAOSTAT ProdStat Database, Yearly Production. Disponível em: <<http://faostat.fao.org./site/339/default.aspx>>. Acesso em: 27 fev. 2014.

HAGERMAN, A. E.; RIEDL, K. M.; JONES, G. A.; SOVIK, K. N.; RITCHARD, N. T.; HARTZFELD, P. W.; RIECHEL, T. L. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, p. 1887-1892, 1998.

HAGERMAN, A. E.; ROBBINS, C. T.; WEERASURIYA, Y.; WILSON, T. C.; MCCARTHUR, C. Tannin chemistry in relation to digestion. **Journal of Range Management**, Denver, v. 45, p. 57-62, 1992.

KUMAR, A.; SINGH, R. P. Obesity: prevalence, manifestations and dietary patterns- a review. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 46, p. 287-299, 2009.

LIU, R. H. Whole grain phytochemicals and health. **Journal of Cereal Science**, London, v. 46, p. 207-219, 2007.

TIAN, Y.; ZOU, B.; LI, C.; YANG, J.; XU, S.; HAGERMAN, A. E. High molecular weight persimmon tannin is a potent antioxidant both *ex vivo* and *in vivo*. **Food Research International**, Barking, v. 45, p. 26-30, 2012.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Obesity and overweight**. 2011. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index.html>>. Acesso em: 28 fev. 2014.

A Cultura do Sorgo Granífero no Brasil: Aspectos Relativos à Produção

Cicero Beserra de Menezes¹

José Avelino Santos Rodrigues¹

¹Pesquisadores da área de Melhoramento Genético de Sorgo da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é o quinto cereal mais plantado no mundo, ultrapassado somente pelo trigo, arroz, milho e pela cevada, sendo cultivado em várias regiões tropicais e subtropicais do mundo. No entanto, o sorgo possui características adaptativas que possibilitam seu cultivo em áreas não indicadas para estes outros cereais. O sorgo é cultivado em 38 milhões de hectares, em 109 países na África, Ásia, Oceania e nas Américas (FAO, 2014). Na Figura 1 são apresentados os principais produtores mundiais de sorgo nos últimos anos. Os maiores produtores mundiais são EUA, México, Nigéria, Índia, Argentina, Sudão, Etiópia, China, Brasil, Burkina Faso e Austrália (USDA, 2013).

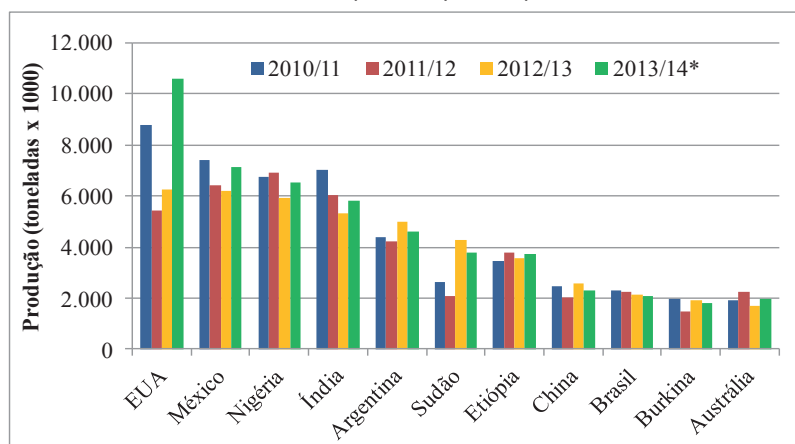


Figura 1. Produção de sorgo granífero nos principais países produtores do mundo. * Estimativa nov/2013. Fonte: USDA (2013)

O sorgo é excelente opção para plantio de sucessão a culturas de verão, por ser tolerante à seca, pouco exigente em nutrientes e de baixo custo de produção. A planta de sorgo possui características fisiológicas que permitem paralisar seu crescimento, ou diminuir o seu metabolismo, durante o estresse hídrico e reiniciá-lo quando a água torna-se disponível (MAGALHÃES et al., 2003). Essa característica permite que essa cultura seja apta para se desenvolver em regiões ou épocas de cultivo com distribuição irregular de chuvas, como ocorre na região Nordeste ou época de safrinha no Centro-Oeste. Além disso, o sorgo oferece ao produtor outras vantagens, tais como: cobertura verde quando os cerrados encontram-se quase sempre expostos ao excesso de radiação solar e a chuvas fortes; receita adicional no período de entressafra; opção de rotação de culturas; fornecimento de palhada residual, viabilizando o sistema de plantio direto; produção da rebrota; cultura totalmente mecanizada e sem necessidade de investimento adicional em máquinas e equipamentos (COELHO et al., 2002).

No Brasil, a área cultivada de sorgo grânifero é bastante expressiva, atingindo em 2012/2013 uma área plantada de 801 mil hectares, conforme Figura 2 (CONAB, 2013). A consolidação da cultura do sorgo no país deve-se basicamente ao aumento do consumo per capita de proteína animal, principalmente de suínos, aves e bovinos, à valorização do sorgo pelas indústrias de rações, ao desenvolvimento de novos híbridos adaptados à safrinha, à expansão do plantio direto e ações efetivas de divulgação do sorgo por agências de pesquisa e produção, como Associação Paulista de Produtores de Sementes e Mudanças (APPS) e Embrapa Milho e Sorgo (MITIDIERI, 2000; SANTOS et al., 2005; ALBUQUERQUE et al., 2014). Na Figura 2, observa-se

que a área de sorgo reduziu-se na última década, caindo de 898 para 801 mil hectares, mas a produção continuou acima de dois milhões de toneladas.

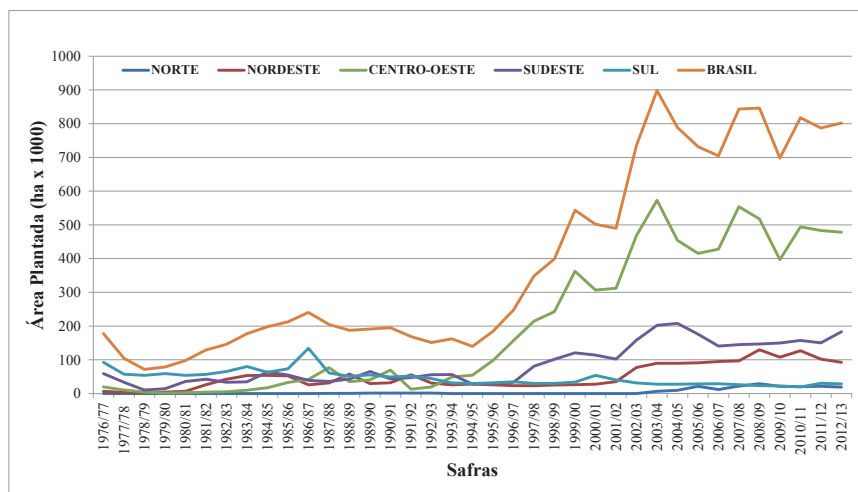


Figura 2. Série histórica da área plantada com sorgo granífero no Brasil. Fonte: Conab (2013)

O resultado obtido para a produção de sorgo granífero na safra brasileira de 2012/2013 foi de aproximadamente 2,1 milhões de toneladas de grãos, conforme a Figura 3, (CONAB, 2013). A produtividade média nacional também subiu para 2.621 kg ha⁻¹. Apesar dos aumentos observados na produtividade das lavouras brasileiras, a média nacional de rendimento dos híbridos de sorgo encontrados no mercado está muito aquém do potencial. Experimentos demonstram que a produtividade desses híbridos pode ultrapassar 10,0 t/ha e 7,0 t/ha, respectivamente, em condições favoráveis no verão e em plantios de sucessão (SANTOS et al., 2005). Produtores tecnificados, que seguem orientações corretas de plantio, levando em consideração épocas adequadas de plantio,

correção e adubação de solo e uso de cultivares adaptadas têm conseguido médias superiores a 5.000 kg.ha^{-1} , tornando a cultura de sorgo muito rentável quando comparada a outras culturas e quando plantada em safrinha.

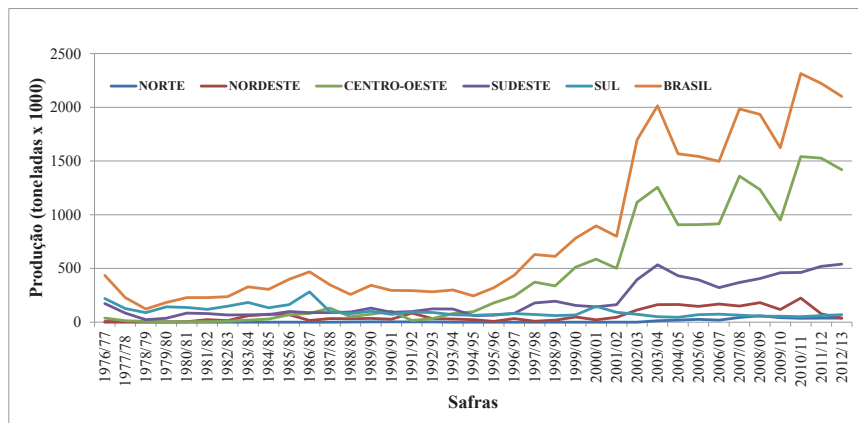


Figura 3 . Série histórica de produção de sorgo granífero no Brasil (mil toneladas). Fonte: Conab (2013)

As regiões Centro-Oeste e Sudeste respondem por mais de 80% da produção nacional de sorgo, mesmo assim as regiões Sul e Nordeste também têm mostrado investimentos em pesquisa e divulgação da cultura (Figura 2 e 3). Como o Brasil é bastante diverso em termos de condições climáticas, o comportamento dos híbridos de sorgo não é equivalente para todas as regiões. Na Figura 4, são apresentados os principais estados produtores de sorgo no Brasil. Goiás é o principal estado produtor, com 42% da produção nacional, seguido por Minas Gerais (22%) e Mato Grosso (21%). O estado do Mato Grosso tem mostrado forte crescimento de área nos últimos anos (CONAB, 2013).

O sorgo responde bastante a mudanças ambientais, principalmente temperatura e comprimento do dia. Ele é originário de regiões quentes, sendo bastante prejudicado

por temperaturas baixas, as quais atrasam bastante o ciclo da cultura. Na região Sul, o sorgo é plantado na primavera e colhido no outono. No Brasil central, a semeadura é feita em sucessão às culturas de verão, principalmente a soja. E no Nordeste, a cultura é plantada na estação das chuvas. Uma característica comum a todas estas regiões de cultivo é o plantio de sequeiro (TARDIN et al., 2012).

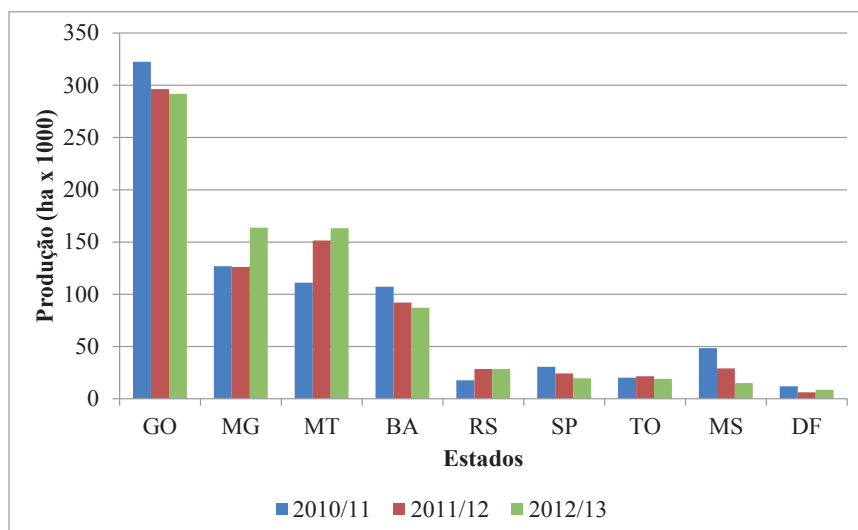


Figura 4. Produção de grãos de sorgo dos principais estados produtores de sorgo granífero no Brasil. Safras 2010 a 2012. Fonte: CONAB, 2013.

Referências

ALBUQUERQUE, C. J. B.; MANTOVANI, E. C.; MENEZES, C. B.; TARDIN, F. D.; FREITAS, R. S.; MAY, A.; ZANDONADI, C. H. S. Sorgo granífero: manejo, colheita e armazenamento. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 3442, jan./fev. 2014.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 24 p. il. (Arquivo do Agrônomo, 14). Encarte do Informações Agronômicas, n. 100, dez. 2002.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento**, julho 2013. Brasília, DF, 2013. 29 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_07_09_09_04_53_boletim_gaos_junho_2013.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2013.

FAO. **FAOSTAT Production crops**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 19 mar. 2014.

MAGALHAES, P. C.; DURAES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 86).

MITIDIERI, F. J. Pé no fundo com o sorgo. **Cultivar**, Pelotas, v. 2, n. 23, p. 10-11, dez. 2000.

SANTOS, F. G.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. Melhoramento de sorgo. In: BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. v. 1, p. 429-466.

TARDIN, F. D.; MENEZES, C. B.; RODRIGUES, J. A. S.; COELHO, R. R. Cultivares. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2).

USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **Grain**: world markets and trade. Washington, 2013. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/data/grain-world-markets-and-trade>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

O Mercado de Sorgo no Brasil: da Colheita à Comercialização

Paulo Motta Ribas

Engenheiro Agrônomo, Consultor Técnico da empresa Valor Orientações Agropecuárias Ltda. Sete Lagoas-MG

Introdução

Desde o fim dos anos sessenta, quando o sorgo granífero teve expandida sua área de cultivo, até então restrita ao estado do Rio Grande do Sul, para o Sudeste, o Centro-Oeste e agora para o Meio Norte, a oferta de grãos de sorgo tem crescido, a qualidade e a confiabilidade do produto têm evoluído e a cultura definitivamente se incorporou ao conjunto dos principais cultivos de grãos do Brasil. Ao contrário das primeiras décadas deste período, quando a liquidez comercial do produto era baixa por falta de compradores, presentemente todo sorgo produzido no país é comercializado em curto espaço de tempo, não restando praticamente estoques reguladores para abastecer o mercado consumidor ao longo do ano. Por isso, a sazonalidade da oferta, entre outras características do produto, deve ser analisada com atenção pelo futuro consumo do sorgo na indústria de alimentos.

O propósito desse texto é mostrar, de forma sucinta, como ocorre a oferta do sorgo no mercado de grãos, as principais praças de comercialização, a sazonalidade da oferta, as características do produto, os fatores que afetam a qualidade, as formas de comercialização, os segmentos que mais utilizam sorgo e a formação de preços.

A Oferta Regional e as Principais Praças de Comercialização

Os estados da região Centro Oeste e algumas regiões de Minas Gerais são responsáveis por aproximadamente 80% de toda a oferta de sorgo do país (Figura 1). Em certas regiões desses estados, a oferta tornou-se regular e é sempre possível comprar o produto em certas praças. De acordo com Landau et al. (2014), seguem listados os principais municípios produtores de sorgo no Brasil na safra 2012:

Em Goiás e no Distrito Federal:

Sul e Sudoeste de Goiás: Itumbiara; Santa Helena; Rio Verde; Bom Jesus de Goiás; Montividiu; Mineiros; Jataí; Acreúna; Chapadão do Céu; Goiatuba; Morrinhos; Paraúna; Piracanjuba.

Região da “Estrada de Ferro”: Cristalina; Ipameri; Silvânia.

Região do Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal - PAD/DF: Luziânia; Brasília.

Minas Gerais:

Triângulo Mineiro / região do Pontal: Ituiutaba; Capinópolis; Ipiacaçu; Centralina; Canápolis; Cachoeira Dourada.

Triângulo Mineiro / região de Uberlândia: Uberlândia; Tupaciguara; Araguari.

Triângulo Mineiro / região de Uberaba: Uberaba; Nova Ponte; Sacramento; Conceição das Alagoas; Perdizes; Campo Florido.

Triângulo Mineiro /região de Frutal: Frutal; Pirajuba.

Noroeste de Minas: Unaí; Paracatu; Buritis; Bonfinópolis; Arinos; Guarda-Mor; Cabeceira Grande.

Alto Paranaíba: Serra do Salitre; Ibiá; Patrocínio; Monte Carmelo; Coromandel.

Mato Grosso

Região de Rondonópolis: Rondonópolis; Primavera do Leste; Campo Verde; Itiquira; Poxoréo.

Região da BR 163: Lucas do Rio Verde; Sorriso; Sinop; Nova Mutum.

Chapada dos Parecis: Campo Novo dos Parecis; Sapezal; Diamantino; Campos de Júlio; Brasnorte.

Nordeste Mato-grossense: Canarana.

Mato Grosso do Sul

Região de Cassilândia: Chapadão do Sul; Costa Rica.

Região do Alto Taquari: São Gabriel do Oeste; Camaquã; Rio Verde do MS; Sonora.

Região do Sudoeste do MS: Naviraí.

Mapitoba

Seguindo a trilha da soja, o sorgo já pode ser encontrado em alguns estados e regiões do Meio Norte, ou no Mapitoba, como é denominada a confluência do sul do Maranhão, com o sul do Piauí, com o norte do Tocantins e com o oeste da Bahia.

Oeste da Bahia: Luiz Eduardo Magalhães; São Desidério; Correntina; Formosa do Rio Preto.

Sul do Maranhão: Balsas; Tácio Fragoso.

Norte do Tocantins: Pedro Afonso.

Sul do Piauí: Bom Jesus.

Outros municípios no Nordeste

Bahia: Guanambi; Candiba; Iuiú; Malhada; Palmas de Monte Alto; Pindaí; Sebastião Laranjeiras; Itaguaçu; Muquém de São Francisco; Serra do Ramalho.

Ceará: Cascavel; Jaguarana.

Pernambuco: Ouricuri; Dormentes; Santa Cruz.

Piauí: Baixa Grande do Ribeiro; Currais.

Rio Grande do Norte: Mossoró; Caraíbas; Baraúna.

São Paulo e Rio Grande do Sul

Outrora maiores produtores de sorgo granífero no Brasil, os estados de São Paulo e Rio Grande do Sul perderam espaço para os estados centrais. Ainda assim, é possível encontrar sorgo nas seguintes praças comerciais:

7.1. Estado de São Paulo:

Região da Alta Mogiana: Ituverava; Miguelópolis; Ipuã.

Região de Araçatuba: Araçatuba, Birigui, Pereira Barreto.

Região de Ribeirão Preto: Nuporanga.

Região de São José do Rio Preto: Barretos; Ouroeste.

Região de Itapeva: Itapeva; Itararé; Buri.

7.2. Estado do Rio Grande do Sul

Região da Campanha: Bagé; Aceguá; Alegrete; Candiota; Hulha Negra; Pedras Altas; Maçambará; Itaqui; Quaraí; São Gabriel.

Região do Sudeste Riograndense: Pelotas.

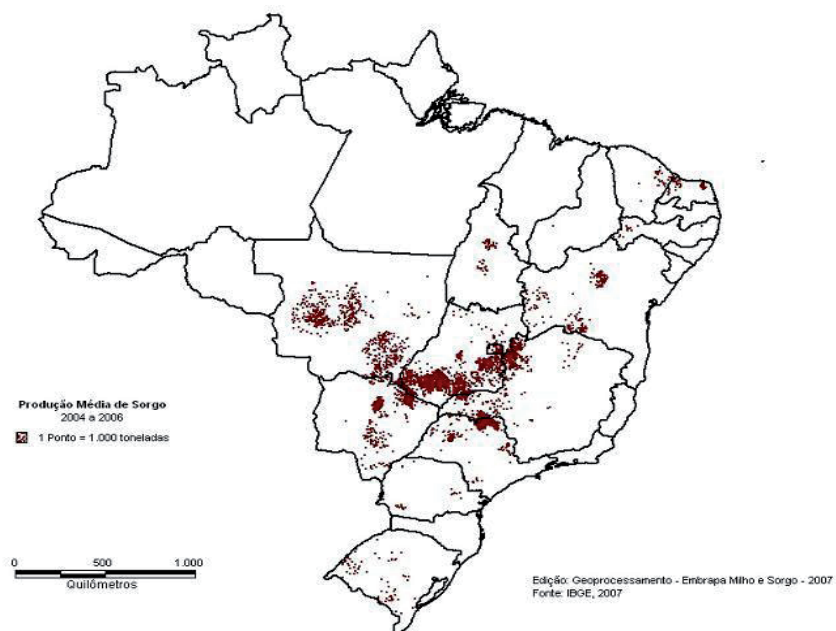


Figura 1. O Mapa do Sorgo no Brasil

A Sazonalidade da Oferta

Com exceção do Rio Grande do Sul, onde o sorgo granífero é plantado na época das chuvas, entre outubro e novembro, e colhido de março a abril, nas demais regiões de cultivo, a cultura é semeada de fevereiro a abril e colhida de junho a agosto. Nos estados centrais e Mapitoba, o plantio é feito após soja e outras culturas de verão, sob o sistema de sucessão de culturas ou safrinha (Figura 2). No Agreste e Sertão nordestinos, planta-se no período chuvoso ou de “inverno”, de março a maio, e colhe-se de julho a setembro. A concentração do plantio e da colheita resulta numa oferta sazonal, de julho a outubro. No restante do ano até a próxima colheita a oferta é reduzida ou quase inexistente. A indústria de alimentação humana

deverá estabelecer estratégias para ter o produto o ano inteiro, para que a oferta de produtos à base de farinha de sorgo aos consumidores seja regular.



Figura 2. Sucessão de culturas soja / cereais

Fonte: <http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/en/c/166120/>

As Características do Produto

A quase totalidade do sorgo ofertado no Brasil é de grãos vermelhos-claros ou vermelhos-escuros, raramente brancos, cremes ou amarelos, de endosperma claro e *sem tanino*.

De toda a semente comercial de sorgo granífero distribuída no país, menos de 5% é de cultivares com tanino presente, e a oferta desse produto é restrita ao Rio Grande do Sul. Se adquiridos na lavoura, “na boca da colhedeira”, os grãos podem se apresentar com impurezas, como glumas, fragmentos de panículas, folhas e pedúnculos, grãos chochos e quebrados, insetos, terra, sementes de plantas daninhas e outros materiais. A ventilação produzida na operação de colheita nem sempre elimina totalmente as impurezas. Quando adquiridos de cooperativas ou de alguma unidade armazenadora, a maior parte dessas impurezas não estará presente, pois terá sido

eliminada na obrigatória operação de pré-limpeza, que antecede a secagem e o armazenamento em silos graneleiros. Pela mesma forma, a indústria de alimentos deverá ter estrutura mínima de limpeza e ventilação para melhorar a qualidade do produto que vier diretamente do campo, antes da moagem. Na Figura 3 tem-se um exemplo de uma lavoura bem manejada, com grãos de qualidade.



Figura 3. Lavoura bem manejada, grãos de qualidade

Fonte: Paulo Motta Ribas

Fatores que Afetam a Produtividade e a Qualidade dos Grãos de Sorgo

O Manejo da Lavoura de Sorgo em Sucessão

A Época de Semeadura

A qualidade do grão de sorgo depende muito do manejo empregado durante a condução da lavoura. Um dos aspectos de manejo que mais afetam a produtividade e a qualidade do produto é a época de semeadura. Esse fator é especialmente relevante no sistema de sucessão de culturas em que o sorgo

é semeado após a colheita da cultura antecessora. A janela de semeadura da cultura sucessora é curta, de meados de fevereiro até fim de março, e o sorgo granífero compete com outros cultivos em tempo de semeadura, especialmente com o milho safrinha, milheto e mais recentemente com o girassol. A realidade é que o sorgo, pela reconhecida tolerância à seca, é semeado no limite extremo da recomendação técnica e muitas vezes além dela. Plantado da segunda quinzena de março até a primeira de abril, a cultura corre muito mais risco de ser afetada pela falta de umidade em fases críticas de seu ciclo, e o resultado pode ser uma drástica redução de peso dos grãos, que ficam pequenos e muitas vezes chochos. É bem provável que a indústria de alimentos refugará um produto com essas características.

População de Plantas / Hectare

O estabelecimento da população de plantas / hectare é determinante também para se ter uma boa produtividade e grãos de tamanho e aspecto atrativos para a indústria. A população de plantas ideal deve ser equilibrada em relação a outros itens de manejo, como época de plantio e nutrição. Plantios feitos em época preferencial e com suficiente investimento em fertilidade do solo aceitam máxima população de plantas determinada pela pesquisa. À medida que a semeadura é retardada, a população de plantas deverá ser adequada à realidade. O plantio tardio, com risco de uma deficiência hídrica, exige uma população mais baixa. O contrário produz maus resultados.

Insuficiente Uso de Fertilizantes

Persiste entre alguns produtores a discutível tese segundo a qual “não vale a pena adubar sorgo de safrinha”. Nada mais falso. Mesmo em semeaduras feitas no limite de tempo recomendável, adubar vale a pena. O investimento em nutrição, naturalmente, deve ser proporcional ao risco de falta de umidade, mas a resposta da planta à aplicação de fertilizantes é positiva para se alcançar produtividade econômica e para a qualidade dos grãos. A experiência mostra que lavouras mal nutridas apresentam alta taxa de acamamento no momento da colheita, alta taxa de grãos chochos e conseqüentemente menor valor nutricional.

Controle de Insetos-Pragas Negligente

Repete-se a mesma visão equivocada de que não vale a pena investir em controle dos insetos -pragas que prejudicam o desenvolvimento da cultura, pelo alto risco de faltar umidade adiante e a produção não pagar o custo do investimento. O controle inicial de lagartas e sugadores traduz-se em plantas mais preparadas para enfrentar possível estresse de umidade; a experiência de produtores tecnificados mostra essa relação com clareza.

Controle de Ervas Daninhas Precário

Por carência absoluta de herbicidas mais eficientes e legalmente registrados para uso em sorgo, o controle de ervas daninhas nas lavouras de sorgo granífero, no Brasil, é deficiente. A competição das ervas com a cultura reduz a eficiência de outros insumos aplicados e predispõe as plantas aos efeitos do estresse hídrico. Outro aspecto a considerar no manejo de ervas daninhas é a pouca informação sobre o efeito residual de herbicidas aplicados na cultura anterior. Produtores mais bem

informados e que planejam o manejo do sistema como um todo e não somente para uma das culturas, especialmente a cultura antecessora, já não cometem a imprevidência de semear sorgo em solo tratado anteriormente com herbicidas de longo efeito residual e fitotóxicos à espécie.

Desconhecimento dos Benefícios do Controle Químico de Enfermidades

No Brasil, pelo menos uma enfermidade que afeta a cultura de sorgo deve ser olhada com atenção para se alcançar produtividade e qualidade de grão: a antracnose foliar, que se mal controlada pode afetar a qualidade dos grãos. Até pouco tempo atrás a única solução técnica recomendada para dominar a antracnose nas condições de cultivo do Brasil era o uso de cultivares resistentes. No entanto, a experiência dos produtores de milho safrinha com o uso de fungicidas para controle das doenças, está sendo estendida ao sorgo, e com excelentes resultados. Dessa forma, o uso de agroquímicos combinado com a resistência genética e demais práticas de manejo tem proporcionado bom controle de um dos fatores que mais ameaçam o rendimento e a qualidade dos grãos de sorgo. Os futuros consumidores de sorgo para produção de alimentos deverão ficar atentos para essas características e procurar adquirir o produto de lavouras tecnificadas.

Estresses Ambientais

Nas condições de cultivo do sorgo no Brasil, em geral, os estresses ambientais podem provocar drástica redução da produtividade e da qualidade dos grãos. E esses efeitos são tão mais drásticos quanto mais impróprio for o manejo da cultura, como descrito no item anterior. A deficiência hídrica combinada com altas temperaturas e baixa umidade relativa

do ar é responsável pelo baixo peso específico e chochamento dos grãos. Um produto nessa condição certamente fica desvalorizado para uso na indústria de alimentos. Baixas temperaturas durante e após o estágio do desenvolvimento em que a planta gera grãos de pólen, colaboram para baixa taxa de fertilidade das flores e, em consequência, instalação da doença açucarada. Essa enfermidade, também conhecida como doença de “ergot”, além de reduzir a formação de grãos, produz uma secreção açucarada que misturada aos grãos pode provocar fermentação indesejável no produto armazenado.

O Fator Econômico

Grãos de sorgo e de outros cereais, notadamente o milho, disputam as mesmas oportunidades de comercialização. Em situações de abundante oferta de milho, o consumo de sorgo em certos segmentos diminui e com isso os preços projetados para o produto ficam desestimulantes para o produtor. Esse, por sua vez, com a perspectiva de baixo rendimento econômico, investe menos e investindo menos, como já comentado anteriormente, a cultura responde negativamente e a qualidade dos grãos é depreciada. Um círculo vicioso, portanto. Por isso, o interesse da indústria de alimentos pelo sorgo é uma notícia animadora. Quanto mais segmentos interessados no produto, maiores são as chances de valorização do cereal no mercado e maior será o investimento na lavoura para atingir produtividade e qualidade.

Formas de Comercialização

A Apresentação do Produto

Atualmente o sorgo é colhido mecanicamente, transportado, armazenado e comercializado a granel (Figuras 4 e 5). Assim como no caso de milho e outros grãos, sorgo não é mais ofertado em sacos de 60 kg. Em alguns poucos casos é possível a apresentação do produto em embalagens tipo “big bag”, mas no geral os compradores de sorgo estão preparados, cada vez mais, para adquirir e armazenar os grãos a granel. Em algumas situações regionais ou locais e por falta de uma estrutura de armazenagem suficiente, os grãos de sorgo são armazenados a céu aberto ou mesmo em pé na lavoura (Figura 6). Como o clima na época de colheita é normalmente seco, o produtor economiza recursos deixando o produto armazenado na própria planta, só colhendo sob garantia de comercialização imediata. Tanto na armazenagem a céu aberto como na armazenagem em campo, o grão perde peso e qualidade. É importante lembrar que no sistema de produção de sucessão de culturas, o sorgo é o último ou um dos últimos grãos a serem colhidos, encontrando os armazéns e silos cheios de outros grãos, principalmente soja e milho.

Os Agentes da Comercialização

A comercialização de sorgo não difere substancialmente da de outros grãos. Em grande parte, compradores autônomos ou funcionários das indústrias de ração e integrações de aves e suínos saem a campo e compram o produto diretamente do produtor. Em outros casos, são pecuaristas, criadores e/ou confinadores que fazem a compra direta ao produtor de sorgo, para utilização em suas propriedades. Em algumas praças a comercialização é feita através de cooperativas. Menos

frequente tem sido a antiga e tradicional comercialização via intermediários atravessadores. Menor ainda é a comercialização intermediada por entidades de fomento e assistência técnica, bolsas de cereais e sites de compra na internet.



Figura 4. Colheita mecanizada / transporte a granel

Fonte: Paulo Motta Ribas



Figura 5. Armazenagem em silos ou a céu aberto

Fonte: Paulo Motta Ribas



Figura 6. Armazenagem no campo / colheita sob demanda
Fonte: Paulo Motta Ribas

Os Principais Consumidores de Sorgo

Cerca de 75% da oferta de sorgo é destinada ao setor de suinocultura e avicultura. Para as dietas de bovinos e ruminantes em geral são destinados outros 20% e os restantes 5% são consumidos nas rações de animais de estimação e para fins industriais. Não há informação segura sobre o montante utilizado na indústria de alimentos, mas sabe-se que pequenas indústrias de massas e alimentos dietéticos estão fazendo testes para a introdução do sorgo na sua linha de produtos (Figura 7).

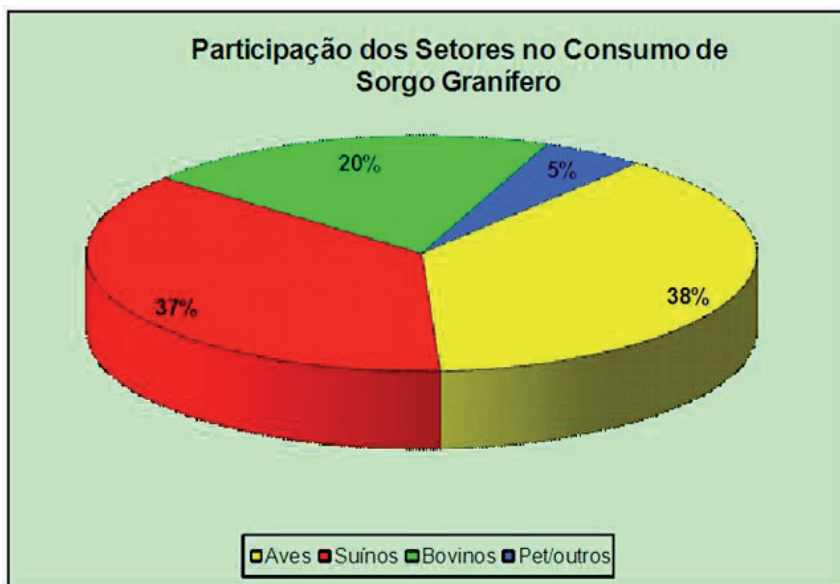


Figura 7. Principais consumidores de sorgo.

Fonte: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_7_ed/mercado.htm

A Formação de Preços

No Brasil, sorgo e milho são ofertados em praças comuns e se destinam aos mesmos segmentos de uso. Ao contrário da soja e do milho cujos preços são formados a partir de referências de bolsas de cereais nacionais e estrangeiras, o preço do grão de sorgo é definido localmente, na maioria das praças com base no preço do milho e com um deságio de 15 a 20%. Em certas situações ocorre um rápido “descolamento” de preços entre os dois cereais, quando uma momentânea falta de milho é percebida pelos produtores e compradores.

Conclusão

A oferta de sorgo é estável no Brasil e a demanda é superior à oferta atual. A perspectiva de consumo em alimentação humana é muito bem-vinda para os produtores de sorgo (Figura 8). Se o segmento de alimentação humana tiver margem para remunerar melhor os produtores de sorgo, certamente haverá mais investimentos na lavoura e a qualidade do produto ofertado será superior.



Figura 8. Alimentação Humana, uma perspectiva alvissareira!
Fonte: Alexandre Esteves Neves

Referência

LANDAU, E. C.; NETTO, D. A. M.; RODRIGUES, J. A. S.; MENDES, S. M. Dinâmica espaço-temporal da expansão do sorgo granífero entre 1990 e 2011 e potencial futuro da cultura no Brasil. In: ALBUQUERQUE, C. J. B.; SILVA, A. de A. (Ed.). **Aspectos de importância do cultivo de sorgo: a participação do sorgo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas sustentáveis**. Uberlândia: UFU: EPAMIG, 2014. p. 57-71. (Importância do cultivo: sorgo).

Potencial do Sorgo para Aplicação em Produtos Alimentícios

Valéria Aparecida Vieira Queiroz

Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, área de segurança Alimentar, Nutrição e Saúde, Sete Lagoas, MG

Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) foi domesticado para consumo humano e animal na África, entre 3.000 e 5.000 anos atrás e, posteriormente, difundido para a Índia e a China (HANCOCK, 2000). Desde então, tem sido utilizado como base alimentar de milhões de pessoas. Estima-se que mais de 300 milhões de indivíduos que vivem em países em desenvolvimento dependem essencialmente desse cereal como fonte de energia (ROONEY; AWIKA, 2005; SANCHEZ, 2003; DICKO et al., 2006).

Na África, os grãos de sorgo são utilizados no preparo de uma variedade de produtos alimentícios como: mingaus, cuscuz, produtos de panificação, cervejas e farinhas pré-cozidas para uso instantâneo (SANCHEZ, 2003; DICKO et al., 2006). No Brasil, o sorgo vem sendo cultivado, principalmente, visando a produção de grãos para suprir a demanda das indústrias de ração animal ou como forragem, para alimentação de ruminantes e, praticamente, não há consumo desse cereal na alimentação humana. Nas décadas de 80 e 90, estudos no Brasil mostraram que farinhas mistas de sorgo e trigo, poderiam ser utilizadas na panificação, com pouca alteração na qualidade do produto. Na ocasião, buscavam-se, cultivares que fornecessem farinhas brancas e isentas de tanino, pois, o interesse, até então, era unicamente de substituição de um

cereal por outro, já que, grande parte do trigo brasileiro era importada. Entretanto, atualmente, o sorgo vem despontando como uma alternativa altamente viável para uso na alimentação humana, com aplicação em produtos alimentícios em razão, principalmente, dos seguintes fatores:

Apresenta valor nutricional semelhante ao do milho, porém, sabor neutro, o que é uma grande vantagem na indústria de alimentos.

O valor nutricional dos grãos de sorgo é semelhante ao dos grãos de milho e varia de acordo com o genótipo, sendo que, em todos eles, o amido corresponde ao principal macronutriente, com variação entre 55,6 e 75,2% do cereal. Na Tabela 1, encontra-se a composição química de oito genótipos de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo (MARTINO et al., 2012).

Tabela 1. Composição química (%) e valor calórico (kcal) de genótipos de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG*

Genótipo	Proteína	Lipídios	Carboidratos %	Cinzas	Água	Calorias kcal
BR501	9.91	3.07	73.90	1.51	11.59	362.8
BR007B	10.31	2.33	73.97	1.46	11.90	358.0
BRS310	11.59	2.61	71.80	1.43	12.85	357.0
BR700	8.57	1.94	76.36	1.23	11.88	357.1
BRS309	11.97	2.48	72.92	1.36	11.25	361.8
BRS305	10.11	2.60	73.48	1.32	12.45	357.7
BR506	11.43	2.36	72.37	1.93	11.89	356.4
SC283	10.99	1.24	73.69	1.49	12.56	349.8
Média	10.61	2.33	73.56	1.47	12.05	357.6
Min - máx	8.5 - 11.97	1.24 - 3.07	71.8 - 76.36	1.23 - 1.93	11.25 - 12.85	349.8 - 362.8

Fonte: Adaptado de Martino et al. (2012)

Apresenta menor custo de produção, vislumbrando a possibilidade de redução dos custos na indústria alimentícia.

A cultura do sorgo possui a grande vantagem de ser mais eficiente no uso da água e dos nutrientes do solo, o que permite que seja cultivado em áreas e situações ambientais muito secas e/ou muito quentes onde a produtividade de outros cereais seria antieconômica. Por causa dessa eficiência, apresenta, também, menor custo de produção que a cultura do milho, sendo comercializado por um valor mais baixo no mercado. Na Tabela 2, observa-se diferença variando entre 16,6 e 22,35% menor de preço da saca de 60 kg de sorgo em relação à de milho. No caso do trigo, a diferença é ainda maior, visto ser a saca de 60 kg comercializada em média por R\$ 50,00. Esse fato coloca o sorgo em uma posição de destaque entre outros cereais, vislumbrando a possibilidade de redução dos custos com matéria prima na confecção de produtos de confeitaria e de panificação na indústria alimentícia.

Tabela 2. Preços (em R\$) das sacas de 60 kg de milho e de sorgo em diferentes cidades produtoras, Brasil, setembro de 2010.

Cidade	Milho	Sorgo	Diferença (%)
Joviânia (GO)	18,50	14,60	21,08
Rio Verde (GO)	18,00	15,00	16,60
Montevidiu (GO)	18,00	15,00	16,60
Dourados (MS)	17,00	13,20	22,35
São Gabriel do Oeste (MS)	15,50	12,40	20,00
Ponta Porã (MS)	16,00	12,80	20,00

Fonte: Agrolink (2013)

Apresenta uma variedade de compostos bioativos com elevada capacidade antioxidante, com potencial para utilização em produtos com apelo funcional.

As altas concentrações de compostos bioativos, apresentando elevada capacidade antioxidante, encontradas em grãos de sorgo têm despertado o interesse de profissionais de diversos países. Esses compostos concentram-se, principalmente, no pericarpo dos grãos e podem contribuir para a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, como as cardiovasculares, diabetes, obesidade e câncer (AWIKA; ROONEY, 2004; BRALLEY et al., 2008; FARRAR et al., 2008; DYKES et al., 2009). Os principais compostos bioativos, responsáveis por esses efeitos antioxidantes, usualmente encontrados em cultivares de sorgo incluem ácidos fenólicos, flavonoides (antocianinas e taninos), amido resistente, fitoesteróis e policosanóis. Alguns estudos demonstraram que outros cereais, como aveia, arroz e trigo, possuem menores concentrações de compostos fenólicos e baixa atividade antioxidante em comparação com o sorgo (FARRAR et al., 2008). A Tabela 3 mostra o quanto o sorgo, especialmente o farelo, possui potencial antioxidante muito maior que as frutas, as quais, tradicionalmente, são conhecidas como sendo as mais potentes entre os alimentos.

Tabela 3. Capacidade antioxidante (ORAC*) de alguns produtos

Produto	ORAC (total)
Goiaba comum	1422
Uva vermelha	1837
Laranja	2103
Morango	4302
Mirtilo	4669
Ameixa	7581
Açaí	102700
Grãos de sorgo preto**	21900
Grãos de sorgo com alto teor de tanino**	45400
Farelo de arroz	24287
Farelo de sorgo preto**	100800
Farelo de sorgo com alto teor de tanino**	240000

Adaptado de Haytowitz e Bhagwat (2010)

*ORAC - Oxygen radical absorbance capacity (μmolTE/100 g)

**Awika et al. (2003)

Não possui glúten e, por isto, é totalmente seguro para o desenvolvimento de produtos para indivíduos portadores de doença celíaca, ou seja, celíacos.

A doença celíaca caracteriza-se pela intolerância permanente ao glúten em pessoas geneticamente predispostas e atinge entre 1% e 2% da população mundial. No entanto, o aumento progressivo de casos de intolerância ao glúten tem resultado em demanda ascendente por novos produtos, nutritivos e de alta qualidade, que sejam isentos dessa proteína, já que o tratamento para a doença celíaca e as demais formas de intolerância consiste na exclusão total do glúten da dieta. No entanto, considerando que o trigo é o cereal mais utilizado como fonte de matéria-prima na panificação, a disponibilidade de alimentos saudáveis e com preço acessível no mercado é o principal desafio para os celíacos. Para a indústria, o desafio

está na busca por matérias-primas alternativas que sejam, ao mesmo tempo, isentas de glúten, de sabor neutro, integrais e de custo mais baixo. Os produtos atualmente existentes no mercado são, em sua maioria, importados e confeccionados com farinhas de arroz, féculas de mandioca ou de batata ou uma mistura destas. Entretanto, essas farinhas possuem custo elevado e não são integrais, o que origina produtos com preços finais muito altos e com baixo valor nutritivo, predispondo os celíacos a uma escassez enorme de produtos integrais e com preços acessíveis no mercado. E é nesse contexto, que o sorgo desponta como alternativa totalmente viável e segura para suprir essa demanda ascendente da indústria alimentícia.

Pesquisas Desenvolvidas com Sorgo para Alimentação Humana

No exterior, pesquisas têm sido conduzidas a fim de selecionar cultivares com melhor qualidade nutricional e tecnológica para uso na indústria de alimentos e, atualmente, já estão disponíveis no mercado de alguns países, como nos Estados Unidos e no Japão, produtos de elevada qualidade à base de farinha de sorgo. No Brasil, pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo iniciaram, em 2008, uma linha de pesquisa nesse tema e, em 2010/11, aprovaram o projeto MP2 “Sorgo para alimentação humana: caracterização de genótipos quanto a compostos de interesse para a nutrição e a saúde humana e desenvolvimento de produtos sem glúten” em parceria com as Embrapas Agroindústria de Alimentos, Agroindústria Tropical e Clima Temperado e as Universidades Federais de Viçosa (UFV), de Minas Gerais (UFMG), de São João del-Rei (UFSJ/SL) e a Universidade de Brasília (UnB). Resultados preliminares do projeto mostraram elevada variabilidade para as características

nutricionais e funcionais nos grãos de 100 linhagens de sorgo, pertencentes ao Programa de Melhoramento de Sorgo da Embrapa Milho e Sorgo, o que é um ótimo indicador para a identificação de materiais promissores para o desenvolvimento de cultivares destinadas ao uso na alimentação humana. Paralelamente, produtos como barra de cereais, bolos, cookies e pães (Figura 1) têm sido desenvolvidos e têm apresentado elevada aceitação sensorial (QUEIROZ et al., 2011, 2012; MARTINO et al., 2012; MORAES et al., 2012). Outros produtos à base de sorgo encontram-se em fase final de desenvolvimento e avaliação, como farinha solúvel, cereal matinal e massas alimentícias.

(Queiroz et al., 2011; 2012, Martino et al., 2012; Moraes et al., 2012).



Figura 1. Barra de cereais com pipoca de sorgo (Foto: Guilherme Viana), Bolo de sorgo com banana (Foto: Alexandre Esteves Neves). Pão de sorgo e cookies de sorgo com amendoim (Fotos: Valéria Vieira Queiroz).

Adicionalmente, estudos visando avaliar o efeito da adição de farinha de sorgo em dietas experimentais de ratos sobre parâmetros antioxidantes e anti-inflamatórios também já foram desenvolvidos, apresentando resultados promissores em relação ao uso do sorgo como ingrediente na indústria de alimentos funcionais. Visando dar continuidade a essas pesquisas in vivo, inclusive com seres humanos, duas teses de doutorado, utilizando linhagens identificadas no projeto,

com elevado teor de antocianinas e atividade antioxidante, encontram-se em andamento na Unicamp e na UFV.

Desafios para Utilização do Sorgo na Alimentação Humana no Brasil

Validação, pela indústria, dos produtos gerados na pesquisa;

Cadeia produtiva do sorgo voltada para alimentação humana: do campo à mesa do consumidor;

Produção, colheita, armazenamento e distribuição segura dos grãos para consumo humano – rastreabilidade;

Comercialização dos grãos – quem? Onde encontrar?

Comercialização dos produtos;

Mudança de hábitos alimentares – aceitação do sorgo para consumo humano.

Conclusões

O sorgo possui grande potencial para uso na alimentação humana por apresentar características nutricionais e funcionais interessantes, bem como vislumbrar a redução de custos na indústria alimentícia, o que poderá ter impacto na segurança alimentar.

É um cereal versátil que poderá ser utilizado numa variedade de produtos alimentícios para diferentes fins, no entanto, para efetivação do uso do sorgo na alimentação humana no Brasil,

há ainda diversos desafios a serem vencidos, os quais serão abordados durante o simpósio.

Referências

AGROLINK. **Cotações**. 2013. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/cotacoes/Cotacoes.aspx/> outubro/2013>. Acesso em: 12 jul. 2014.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**, New York, v. 65, p. 1199-1221, 2004.

BRALLEY, E.; GREENSPAN, P.; HARGROVE, J. L.; HARTLE, D. K. Inhibition of hyaluronidase activity by select sorghum brans. **Journal of Medicinal Food**, v. 11, n. 2, p. 307-312, 2008.

DICKO, M. H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A. S.; VORAGEN, A. J.; BERKEL, W. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 5, p. 384-395, 2006.

DYKES, L.; SEITZ, L. M.; ROONEY, W. L.; ROONEY, L. W. Flavonoid composition of red sorghum genotypes. **Food Chemistry**, Barking, v. 116, n. 1, p. 313-317, 2009.

FARRAR, J. L.; HARTLE, D. K.; HARGROVE, J. L.; GREENSPAN, P. A novel nutraceutical property of select sorghum (*Sorghum bicolor*) brans: inhibition of protein glycation. **Phytotherapy Research**, London, v. 22, n. 8, p. 1052-1056, 2008.

HANCOCK, J. D. Value of sorghum and sorghum co-products in diets for livestock. In: SMITH, W.; FREDERICKSON, R. A. (Ed.). **Sorghum origin, history, technology and production**. New York: John Wiley & Sons, 2000. p. 731-751.

HAYTOWITZ, D. B.; BHAGWAT, S. A. **USDA database for the oxygen radical capacity (ORAC) of selected foods, release 2**. Washington: USDA, 2010. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/nutrientdata>>. Acesso em: 20 set. 2014.

MARTINO, H. S. D.; TOMAZ, P. A.; MORAES, E. A.; CONCEICAO, L. L.; OLIVEIRA, D. S.; QUEIROZ, V. A. V.; RODRIGUEZ, J. A. S.; PIROZI, M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; RIBEIRO, S. M. R. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, p. 337-344, 2012.

MORAES, E. A.; NATAL, D. I. G.; QUEIROZ, V. A. V.; SCHAFFERT, R. E.; CECON, P. R.; PAULA, P. S. de; BENJAMIM, L. dos A.; RIBEIRO, S. M. R.; MARTINO, H. S. D. Sorghum genotype may reduce low-grade inflammatory response and oxidative stress and maintains jejunal morphology of rats fed a hyperlipidic diet. **Food Research International**, Barking, v. 49, p. 553-559, 2012.

QUEIROZ, V. A. V.; GONÇALVES, A. C. A.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E. **Como utilizar grãos de sorgo no preparo de produtos caseiros**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 190).

QUEIROZ, V. A. V.; CARNEIRO, H. L.; DELIZA, R.; RODRIGUES, J. A. S.; VASCONCELLOS, J. H. de; TARDIN, F. D.; QUEIROZ, L. R. Genótipos de sorgo para produção de barra de cereais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 47, n. 2, p. 287-293, 2012.

ROONEY, L. W.; AWIKA, J. M. Overview of products and health benefits of specialty sorghums. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 50, p. 109-115, 2005.

SANCHEZ, D. A. **White food-type sorghum in direct-expansion extrusion applications**. 132 p. Thesis (Master of Science in Food Science and Technology) - Texas A&M University, Texas, 2003.

Extrudados Expandidos de Grãos de Sorgo Integral de Pericarpos Diferenciados

Jhony Willian Vargas Solórzano¹, Carlos Wanderlei Piler de Carvalho², José Luis Ramírez Ascher²

¹Doutorando no Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica- RJ.

²Embrapa Agroindústria de Alimentos. Avenida das Américas, 29501, 23020-470 Rio de Janeiro-RJ.

Os compostos bioativos presentes no pericarpo dos grãos de sorgo, fornecem características diferenciadas na sua cor, grossura, presença de testa pigmentada e metabolitos secundários coloridos, o que influi na composição fenólica de um genótipo em particular (DYKES et al., 2009). Nos cereais, os compostos fenólicos podem estar presentes tanto na forma solúvel, livres ou esterificados, como na forma insolúvel ligado aos constituintes da parede celular tais como carboidratos, proteínas e fibras (ARRANZ; SAURA CALIXTO, 2010). Os compostos bioativos e sua associação com biopolímeros extrudáveis numa matriz alimentar de sorgo moído integral, afetam a fusão de polímeros cristalinos/transição vítrea de polímeros amorfs.

Durante o processo de extrusão, a viscosidade da massa fundida antes da saída pelo canhão será influenciada tanto pela composição do material quanto pelos parâmetros operacionais da máquina. As proteínas sofrem desnaturação e promovem aberturas de estruturas compactas, podendo induzir interações proteína-fenólico, resultando talvez na formação de complexos proteína-tanino (BRENNAN et al., 2011; EMMAMBUX; TAYLOR, 2003) e/ou complexos proteína-lignina (MONTAÑO-LEYVA et al.,

2013). As modificações físicas do amido durante o cozimento por extrusão, geralmente se relacionam com tamanho, forma e arranjo estrutural das regiões semicristalinas presentes nos grânulos de amido (CARVALHO et al., 2010). Os taninos do sorgo interagem fortemente com polissacarídeos lineares: amilose e fragmentos de amilopectina (BARROS et al., 2012). Estes complexados podem contribuir tanto para o aumento da insolubilidade quanto para o incremento do peso molecular dos compostos, afetando a viscosidade da massa fundida.

Complexos de proteína-tanino podem decompor-se no trato gastrointestinal humano e serem libertados os taninos ligados para agir como sequestrantes de radicais livres (RIEDL; HAGERMAN, 2001). Complexos de amido-tanino formam amido resistente, incrementando-se a formação com o grau de polimerização dos taninos (BARROS et al., 2013). O potencial antioxidante dos compostos fenólicos não complexados pode ser afetado pelo grau de cozimento por extrusão, que deve ser cuidadosamente monitorado para reduzir perdas de disponibilidade destes compostos fenólicos. Ensaio de extrusão com elevados perfis de temperatura podem ocasionar descarboxilação dos fenólicos, e altos teores de umidade podem promover polimerização de fenóis e taninos que levam à redução da extratibilidade e atividade antioxidante (BRENNAN et al., 2011). Entretanto, este último fato pode contribuir para a formação de amido resistente durante o processo.

A energia mecânica específica é um parâmetro de extrusão útil para monitorar a viscosidade da massa fundida e relacioná-la com propriedades físicas do extrudado. A farinha de sorgo integral de pericarpo marrom (BRS 305) consumiu maior energia mecânica durante ensaios de extrusão de

diversas farinhas de sorgo (Figura 1) processadas em idênticas condições operacionais: taxa de alimentação, 9 kg/h; umidade na alimentação, 14%; temperatura da última zona de aquecimento, 150 °C; velocidade de rotação dos parafusos, 600 rpm (VARGAS-SOLÓRZANO et al., 2014).

Composições químicas diferentes entre genótipos de sorgo afetaram notavelmente a entrada de energia. O híbrido BRS 305 apresentou o maior teor de taninos condensados e fibra crua ($P < 0,05$). Esta fibra é a fração insolúvel rica em lignina e celulose, a qual não é facilmente fundida no processo de extrusão. Quantidades maiores destes compostos elevam o ponto de fusão/temperatura de transição vítrea dos polímeros, requerendo-se maior dissipação de calor pelas forças de cisalhamento que os parafusos exercem sobre o material de alimentação.

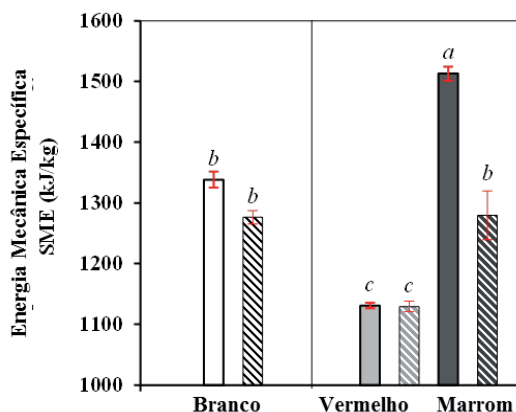


Figura 1. Efeito do genótipo de sorgo sobre a energia mecânica específica: (□) CMSXS180; (■) 9010032; (■) BRS 310; (■) BRS 308; (■) BRS 305; (■) 9929034. Colunas com letras diferentes diferem umas das outras de acordo com o teste de Tukey ($P < 0,05$).

Composições químicas diferentes entre genótipos de sorgo podem afetar notavelmente as condições de extrusão. A presença de taninos pode ser uma característica desejável ou não para consumo humano, dependendo para quem o alimento for elaborado. Se desejarmos que este atue como fator antinutricional utilizar-se-ia aqueles genótipos de alto tanino. Os materiais extrudados podem ser direcionados segundo as preferências do processador, por exemplo, para produzir extrudados com características nutricionais (taninos complexados) que ajudem na prevenção da obesidade e diabetes.

A matriz, que modela a massa fundida na forma desejada, armazena energia elástica e em função da composição do produto extrudado, ajuda na reorganização dos polímeros e compostos bioativos complexados. Extrudados de sorgo (Figura 2) mostraram características diferenciadas na estrutura celular. Aqueles processados a partir de sorgos de pericarpo vermelho mostraram saliências lamelares na superfície da parede celular (Figuras 2c e 2d). Os extrudados de CMSXS180 e BRS 310 apresentaram baixa espessura da parede celular, indicando estrutura frágil, associada com alta expansão seccional (Figura 3). Em todos os extrudados de sorgo foram observados grânulos esféricos de tamanho variável, distribuídos sobre as superfícies da parede celular. Os corpos esféricos observados podem estar associados com a formação de amido resistente durante o cozimento por extrusão (VARGAS-SOLÓRZANO et al., 2014).

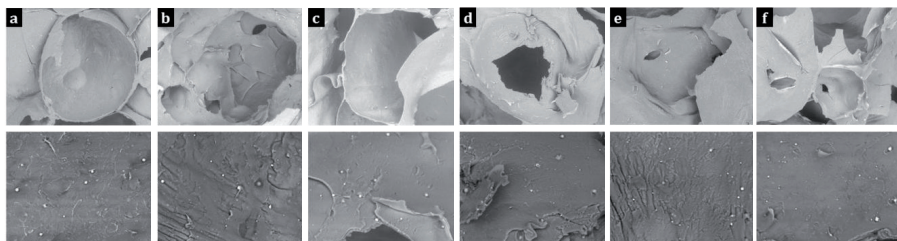


Figura 2. Micrografias em ampliações constantes da estrutura do formato externo e tamanho celular/grossura da parede celular de extrudados de sorgo: (a)CMSXS180, (b) 9010032, (c) BRS310, (d) BRS308, (e) BRS305 e (f) 9929034.

Farinhas integrais que possuem compostos não amiláceos, produzem extrudados com reduzido índice de expansão seccional, em comparação aos extrudados produzidos com farinhas refinadas. Extrudados produzidos com farinhas de sorgo integral de pericarpo marrom (BRS 305; 9929034) expandiram-se menos do que os outros extrudados de sorgo produzidos em idênticas condições operacionais (Figura 3). A máxima expansão seccional foi obtida com o extrudado de pericarpo vermelho BRS 310, que se expandiu similarmente ao extrudado de pericarpo branco CMSXS180 ($P>0,05$). Estes genótipos de sorgo têm potencial na formulação de bebidas instantâneas.

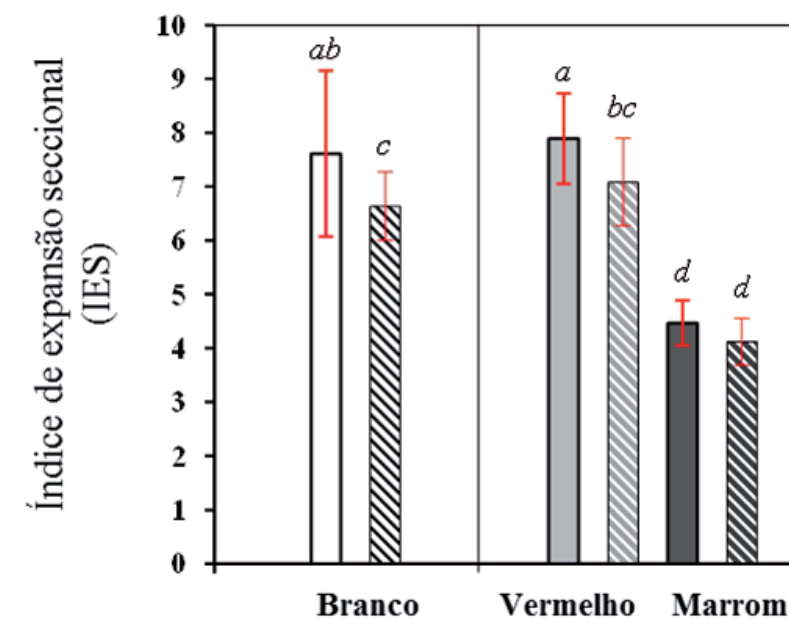


Figura 3. Efeito do genótipo de sorgo sob o índice de expansão seccional CMSXS180; (▨) 9010032; (□) BRS 310; (▨) BRS 308; (■) BRS 30. Colunas com letras diferentes diferem umas das outras de acordo com ($P < 0,05$).

Os extrudados de baixa expansão seccional conferem boas propriedades de extensibilidade durante o desenvolvimento da massa (alta expansão longitudinal, associada às propriedades coesivas). As farinhas de extrudados de sorgo de pericarpo marrom podem ser usadas para desenvolver biscoitos e *wafers*.

Referências

ARRANZ, S.; SAURA CALIXTO, F. Analysis of polyphenols in cereals may be improved performing acidic hydrolysis: a study in wheat flour and wheat bran and cereals of the diet. **Journal of Cereal Science**, London, v. 51, p. 313-318, 2010.

BARROS, F.; AWIKA, J.; ROONEY, L. W. Effect of molecular weight profile of sorghum proanthocyanidins on resistant starch formation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 94, n. 6, p. 1212-1217, 2013.

BARROS, F.; AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Interaction of tannins and other sorghum phenolic compounds with starch and effects on in vitro starch digestibility. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, p. 11609-11617, 2012.

BRENNAN, C.; BRENNAN, M.; DERBYSHIRE, E.; TIWARI, B. K. Effects of extrusion on the polyphenols, vitamins and antioxidant activity of foods. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 22, p. 570-575, 2011.

CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; ONWULATA, C. I.; PORDESIMO, L. O. Relative effect of particle size on the physical properties of corn meal extrudates: Effect of particle size on the extrusion of corn meal. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 98, p. 103-109, 2010.

DYKES, L.; SEITZ, L. M.; ROONEY, W. L.; ROONEY, L. W. Flavonoid composition of red sorghum genotypes. **Food Chemistry**, Barking, v. 116, p. 313-317, 2009.

EMMAMBUX, N. M.; TAYLOR, J. R. N. Sorghum kafirin interaction with various phenolic compounds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 83, p. 402-407, 2003.

MONTAÑO-LEYVA, B.; GHIZZI, D. da; SILVA, G.; GASTALDI, E.; TORRES-CHÁVEZ, P.; GONTARD, N.; ANGELLIER-COUSSY, H. Biocomposites from wheat proteins and fibers: structure/mechanical properties relationships. **Industrial Crops and Products**, v. 43, p. 545-555, 2013.

RIEDL, K. M.; HAGERMAN, A. E. Tannin-protein complexes as radical scavengers and radical sinks. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, p. 4917-4923, 2001.

VARGAS-SOLÓRZANO, J. W.; CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; ASCHERI, J. L. R.; QUEIROZ, V. A. V. Physicochemical properties of expanded extrudates from colored sorghum genotypes. **Food Research International**, Barking, v. 55, p. 37-44, 2014.

Desenvolvimento e Avaliação Sensorial de Barras de Cereais com Sorgo

Caroline Liboreiro Paiva

Professora da Universidade Federal de São João del-Rei/ Campus de Sete Lagoas - UFSJ, doutoranda da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

Inicialmente destacam-se dados referentes ao mercado de barras de cereais: o volume de vendas desse produto no mercado brasileiro é muito pequeno em comparação com valores do mercado americano e europeu. Enquanto o volume de vendas de barras de cereais nos Estados Unidos e na Europa gira em torno de um bilhão de dólares anuais, as vendas de barras de cereais no Brasil correspondem a um montante de apenas 130 milhões de dólares. No entanto, o mercado brasileiro cresce a uma taxa muito mais expressiva, em torno de 25% ao ano, enquanto esse crescimento anual corresponde a 3% nos EUA e 5% nos países europeus. Segundo especialistas, esse mercado está focado na busca por produtos que agregam benefícios à saúde, como: adição de fibras e proteínas, e a contribuição com a manutenção do peso, além da incorporação de ingredientes benéficos à saúde e a adição de ingredientes naturais. Também a presença de grãos integrais é uma necessidade do mercado.

Para atender os objetivos do projeto “Sorgo para alimentação humana: desenvolvimento de processos e produtos para fins especiais e/ou com características funcionais” foram desenvolvidos quatro trabalhos:

O primeiro objetivo foi avaliar genótipos de sorgo mais adequados para a produção de pipoca, a fim de incorporar esse ingrediente em barras de cereais. Assim, desenvolveu-

se uma barra de cereais com pipoca de sorgo e avaliou-se sensorialmente a aceitação desse produto. O trabalho foi publicado por Queiroz et al. (2012), sob o título “Genótipos de sorgo para a produção de barra de cereais” na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira. O segundo trabalho objetivou estimar a vida de prateleira desse produto através de um painel sensorial treinado. O trabalho foi publicado por Paiva et al. (2012), na Revista Brasileira de Milho e Sorgo.

Um terceiro trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a aceitação de barras de cereais com pipoca de sorgo, mas isentas de glúten. Esse produto foi avaliado sensorialmente por 33 pessoas celíacas pertencentes à ACELBRA/MG (Associação dos Celíacos do Brasil) e por mais 98 provadores não celíacos, estudantes e funcionários da UFMG. Além disso, a composição centesimal do produto foi determinada, assim como a textura e o teor de açúcares redutores e não redutores. O trabalho está em vias de publicação.

O quarto trabalho desenvolveu uma barra de cereais sem glúten, direcionada principalmente ao público celíaco, com os seguintes ingredientes: pipoca e flocos de sorgo integral, flocos de arroz, fibra de caju, banana e abacaxi desidratados, canela, glicose e açúcar mascavo. Esse produto foi finalista no concurso promovido pela AACC (Associação Americana para Química de Cereais) durante o congresso internacional da instituição realizado em outubro de 2013 nos EUA (Figura 1).



Figura 1. Barra de cereais livre de glúten, desenvolvida através de parceria entre Embrapa e UFMG (Foto: Caroline Liboreiro Paiva).

Referências

PAIVA, C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; RODRIGUES, J. A. S. Estudos sensoriais para determinação da vida de prateleira de barra de cereais com pipoca de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 302-311, 2012.

QUEIROZ, V. A. V.; CARNEIRO, H. L.; DELIZA, R.; RODRIGUES, J. A. S.; VASCONCELLOS, J. H. de; TARDIN, F. D.; QUEIROZ, L. R. Genótipos de sorgo para produção de barra de cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 287-293, fev. 2012.

Taninos, Um Problema ou um Benefício?

Frederico Augusto Ribeiro de Barros

Professor do Departamento de Tecnologia de Alimentos – Universidade

Federal de Viçosa – PhD no *Soil and Crop Sciences Department, Texas A&M*

University - College Station, Texas- USA

Obesidade é um problema grave que atinge milhões de pessoas no mundo e está associada com outras doenças, como diabetes, alguns tipos de câncer e doenças cardiovasculares (BRAY, 2004). Aproximadamente 500 milhões de adultos no mundo eram obesos em 2008 e este número tende a aumentar nos próximos anos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011). Somente nos Estados Unidos, o número de adultos obesos já atingiu aproximadamente 36% da população e o número de adultos, crianças e adolescentes obesos continua crescendo (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2010). O custo médico com obesidade e outras doenças crônicas é muito alto e desta forma alternativas mais saudáveis e de menor custo devem ser implementadas, como uma dieta saudável.

Amido é o composto em maior concentração em cereais e a principal fonte de calorias em alimentos formulados com estes. A descoberta de meios para diminuir a digestibilidade do amido em alimentos é importante, pois haveria uma diminuição na ingestão de calorias proporcionando benefícios contra obesidade e diabetes. Sorgo é conhecido por ter uma baixa digestibilidade de suas proteínas (kaferinas) (DUODU et al., 2003; HAMAKER et al., 1986). Além disto, o sorgo possui a menor digestibilidade de amido entre os cereais em razão da forte associação entre grânulos e moléculas de amido com

proteínas (kaferinas) (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986; ZHANG; HAMAKER, 1998).

Outros compostos tais como polifenóis reduzem a digestibilidade da proteína e do amido do sorgo. Taninos condensados (Fig.1), presentes em cultivares de sorgo que apresentam testa pigmentada (Fig. 2), interagem com proteínas e amido diminuindo suas digestibilidades. Barros et al. (2012) estudaram as interações entre compostos fenólicos do sorgo e amido e como estas interações afetam a digestibilidade do amido *in vitro*. Eles demonstraram que taninos condensados foram os principais responsáveis pela interação com amido, e que esta interação ocorreu principalmente com amilose, formando significativa quantidade de amido resistente. Barros et al. (2013) demonstraram que quanto maior o peso molecular dos taninos mais forte é a interação com amido e maior concentração de amido resistente é formada.

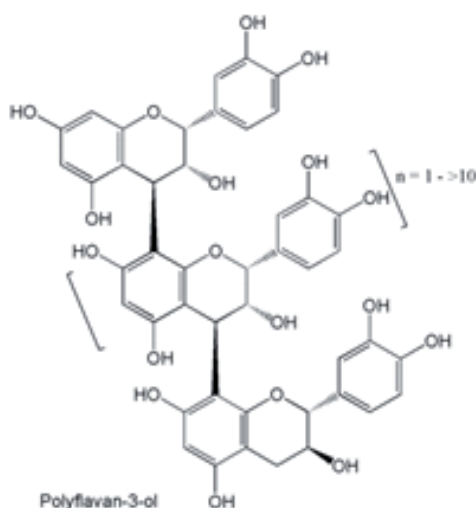


Figura 1. Tanino condensado do sorgo

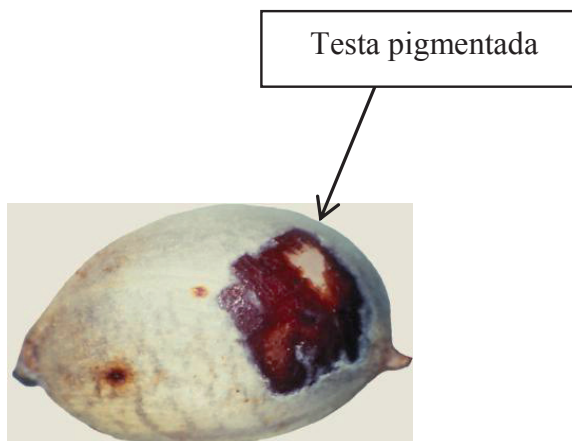


Figura 2. Testa pigmentada no grão de sorgo

Taninos condensados com alto peso molecular são os mais abundantes no sorgo (HAGERMAN; BUTLER, 1980; DYKES et al., 2005) e catequina é o principal monômero presente nos taninos do sorgo. Além disto, sorgo é o cereal que possui a maior concentração de taninos entre os cereais (SERNA-SALDIVAR; ROONEY, 1995) (Fig. 3).

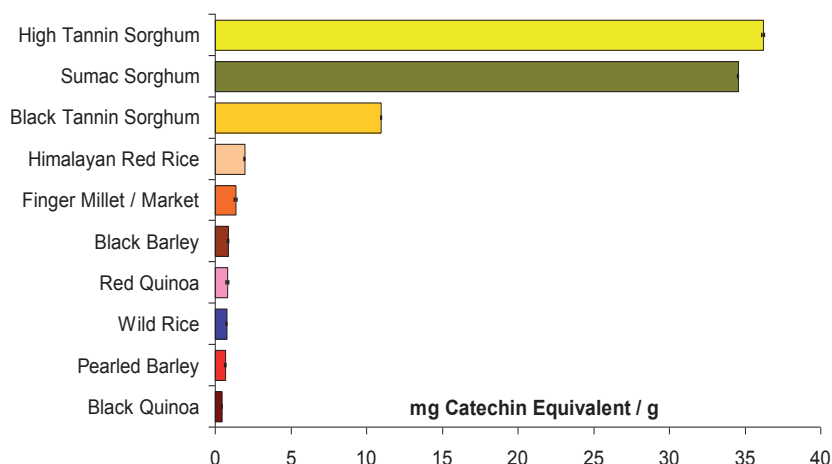


Figura 3. Concentração de taninos (mg catequina equivalente/g) de alguns cereais

Fonte: Awika (2003)

Cultivares de sorgo com tanino são consumidas em alguns países africanos, pois proporcionam prolongada saciedade às pessoas e uma cor atrativa aos produtos (AWIKA; ROONEY, 2004). A baixa digestibilidade de proteínas e amido do sorgo é vista como um aspecto negativo para alimentação animal (SERNA-SALDIVAR; ROONEY, 1995) por causa da reduzida ingestão de calorias. Por outro lado, esta redução da digestibilidade do amido em razão, por exemplo, das interações entre taninos e amido pode ser benéfica para alimentação humana, pois terá potencial de prevenir doenças crônicas como obesidade e diabetes. Portanto, mais pesquisas nesta área devem ser conduzidas para motivarem indústrias a produzirem alimentos funcionais contendo farelo ou farinha de sorgo contendo tanino.

Referências

AWIKA, J. M. **Antioxidant properties of sorghum**. 2003. Tese (Doutorado) - Texas A&M University, College Station, 2003.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**, New York, v. 65, p. 1199-1221, 2004.

BARROS, F.; AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Interaction of tannins and other sorghum phenolic compounds with starch and effects on in vitro starch digestibility. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, p. 11609-11617, 2012.

BARROS, F.; AWIKA, J.; ROONEY, L. W. Effect of molecular weight profile of sorghum proanthocyanidins on resistant starch formation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 94, n. 6, p. 1212-1217, 2013.

BRAY, G. A. Medical consequences of obesity. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, Baltimore, v. 89, p. 2583-2589, 2004.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION - CDC. **Adult obesity facts**. 2010. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/obesity/data/adult.html>>. Acesso em: 26 fev. 2014.

DUODU, K. G.; TAYLOR, J. R. N.; BELTON, P. S.; HAMAKER, B. R. Factors affecting sorghum protein digestibility. **Journal of Cereal Science**, London, v. 38, n. 2, p. 117-131, 2003.

DYKES, L.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D.; ROONEY, W. L. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, p. 6813-6818, 2005.

HAGERMAN, A. E.; BUTLER, L. G. Condensed tannin purification and characterization of tannin-associated proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 28, p. 947-952, 1980.

HAMAKER, B. R.; KIRLEIS, A. W.; MERTZ, E. T.; AXTELL, J. D. Effect of cooking on the protein profiles and *in vitro* digestibility of sorghum and maize. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 34, p. 647-649, 1986.

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, p. 1607-1623, 1986.

SERNA-SALDIVAR, S.; ROONEY, L. W. Structure and chemistry of sorghum and millets. In: DENDY, D. A. V. (Ed.). **Structure and chemistry of sorghum and millets**. St. Paul: AACC, 1995. p. 69-124.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Obesity and overweight**. 2011. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index.html>>. Acesso em: 28 fev. 2014.

ZHANG, G.; HAMAKER, B. R. Low α -amylase starch digestibility of cooked sorghum flours and the effect of protein. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 75, p. 710-713, 1998.

Carotenoides e Vitamina E em 100 Diferentes Genótipos de Sorgo

Helena Maria Pinheiro Sant'Ana; Leandro de Moraes Cardoso, Hércia Stampini Duarte Martino

Universidade Federal de Viçosa - UFV, Departamento de Nutrição e Saúde.

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é um alimento-base da dieta de populações em regiões semiáridas da África e Ásia, mas, pouco utilizado para a alimentação humana em países como os Estados Unidos, a Austrália e o Brasil (TAYLOR et al., 2006; KEAN et al., 2011). Este cereal é fonte de compostos fenólicos (i.e., 3-deoxiantocianidinas e taninos), os quais lhe conferem elevada atividade antioxidante e potencial para modular benéficamente a microbiota intestinal humana e marcadores relacionados às doenças crônicas não transmissíveis, tais como obesidade e câncer (TAYLOR et al., 2013; CARDOSO et al., 2014b). Além disso, o sorgo possui carotenoides e é fonte de vitamina E, os quais contribuem com sua atividade antioxidante (CARDOSO et al., 2014a).

A vitamina E, composta por α , β , γ e δ tocoferóis e tocotrienóis, ocorre naturalmente em cereais e associa-se ao menor risco para desenvolver doenças cardiovasculares, câncer e dislipidemias (NIELSEN; HANSEN, 2008; TIWARI; CUMMINS, 2009). Os componentes e a concentração de vitamina E em sorgo podem apresentar grande variabilidade, dependendo da variedade (PINHEIRO-SANT'ANA et al., 2011; MARTINO et al., 2012; CARDOSO et al., 2014a). No entanto, esta variabilidade ainda não foi avaliada em um painel representativo de sorgo.

Os carotenoides do sorgo são constituídos majoritariamente por xantofilas (70% de luteína e zeaxantina) (KEAN et al., 2011),

as quais reduzem o risco para doenças cardiovasculares, degeneração macular relacionada à idade, entre outros (PERERA; YEN, 2007). Por causa do elevado potencial funcional dos carotenoides, estudos têm sido realizados para aumentar a concentração destes compostos em sorgo (FERNANDEZ et al., 2009; LIPKIE et al., 2013).

Os fatores genéticos e ambientais (i.e., solo e clima) determinam o perfil de carotenoides e vitaminas do sorgo (FERNANDEZ et al., 2009; CHUNG et al., 2013). Neste contexto, a Embrapa Milho e Sorgo, em conjunto com instituições parceiras, tem trabalhado na caracterização de cem genótipos de sorgo quanto à concentração de vitamina E e carotenoides e identificação de potenciais fontes destes compostos bioativos. Como principais resultados, observou-se que o sorgo apresentou alta variabilidade no teor de vitamina E (280,7-2.962,4 µg/100g; média: 1.888,0 µg/100g) e 24% dos genótipos foram fonte desta vitamina. O γ e α -tocoferol foram os componentes principais da vitamina E, correspondendo a 61 e 22% do total, respectivamente. O total de carotenoides foi baixo (2,12-85,46 µg/100g; média 22,29 µg/100g). A zeaxantina foi o principal carotenoide do sorgo, compreendendo 68,8% do total. Em conclusão, os genótipos apresentaram alta variabilidade (concentração e perfil) para carotenoides e vitamina E. O sorgo mostrou-se fonte de vitamina E, sendo o γ e α -tocoferóis os principais componentes no grão. Os genótipos analisados apresentaram baixa concentração de carotenoides.

Referências

CARDOSO, L. de M.; MONTINI, T. A.; PINHEIRO, S. S.; QUEIROZ, V. A.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; MARTINO, H. S.; MOREIRA, A. V. Effects of processing with dry heat and wet heat on the antioxidant profile of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). **Food Chemistry**, Barking, v. 152, p. 210-217, 2014a.

CARDOSO, L. M. P. S. S.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO SANT'ANA, H. M. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.): nutrients, bioactive compounds and potential impact on the human health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2014b. No prelo.

CHUNG, I.-M.; YONG, S.-J.; LEE, J.; KIM, S.-H. Effect of genotype and cultivation location on β -sitosterol and α -, β -, γ -, and -tocopherols in sorghum. **Food Research International**, Ottawa, v. 51, n. 2, p. 971-976, 2013.

FERNANDEZ, M. G. S.; KAPRAN, I.; SOULEY, S.; ABDOU, M.; MAIGA, I. H.; ACHARYA, C. B.; HAMBLIN, M. T.; KRESOVICH, S. Collection and characterization of yellow endosperm sorghums from West Africa for biofortification. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 56, n. 7, p. 991-1000, 2009.

KEAN, E. G.; BORDENAVE, N.; EJETA, G.; HAMAKER, B. R.; FERRUZZI, M. G. Carotenoid bioaccessibility from whole grain and decorticated yellow endosperm sorghum porridge. **Journal of Cereal Science**, London, v. 54, n. 3, p. 450-459, 2011.

LIPKIE, T. E.; MOURA, F. F. de; ZHAO, S.-Y.; ALBERTSEN, M. C.; CHE, P.; GLASSMAN, K.; FERRUZZI, M. G. Bioaccessibility of

carotenoids from transgenic provitamin A biofortified sorghum. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 24, p. 5764-5771, 2013.

MARTINO, H. S. D.; TOMAZ, P. A.; MORAES, E. A.; CONCEICAO, L. L.; OLIVEIRA, D. S.; QUEIROZ, V. A. V.; RODRIGUEZ, J. A. S.; PIROZI, M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; RIBEIRO, S. M. R. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, p. 337-344, 2012.

NIELSEN, M. M.; HANSEN, Å. Rapid high-performance liquid chromatography determination of tocopherols and tocotrienols in cereals. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 85, n. 2, p. 248-251, 2008.

PERERA, C. O.; YEN, G. M. Functional properties of carotenoids in human health. **International Journal of Food Properties**, New York, v. 10, n. 2, p. 201-230, 2007.

PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; GUINAZI, M.; OLIVEIRA, D. da S.; DELLA LUCIA, C. M.; REIS, B. de L.; BRANDÃO, S. C. C. Method for simultaneous analysis of eight vitamin E isomers in various foods by high performance liquid chromatography and fluorescence detection. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1218, n. 47, p. 8496-8502, 2011.

TAYLOR, J.; BELTON, P. S.; BETA, T.; DUODU, K. G. Increasing the utilization of sorghum, millets and pseudocereals: Developments in the science of their phenolic phytochemicals, biofortification and protein functionality. **Journal of Cereal Science**, London, v. 59, n. 3, p. 257-275, 2013.

TAYLOR, J. R. N.; SCHOBBER, T. J.; BEAN, S. R. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. **Journal of Cereal Science**, London, v. 44, n. 3, p. 252-271, 2006.

TIWARI, U.; CUMMINS, E. Nutritional importance and effect of processing on tocopherols in cereals. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 20, n. 11/12, p. 511-520, 2009.

Farinha de Sorgo Integral e Frações Decorticadas e Seus Efeitos na Obesidade e Comorbidades

Érica Aguiar Moraes¹, Valéria Aparecida Vieira Queiroz², Mário Roberto Maróstica Júnior¹

¹Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Departamento de Alimentos e Nutrição.

²Embrapa Milho e Sorgo. Núcleo de Recursos Genéticos e Desenvolvimento de Cultivares. Rodovia MG 424, km 65, caixa postal 151. Sete Lagoas – MG. Brasil.

A produção dos radicais livres é um processo natural provenientes da oxidação de moléculas e pelo metabolismo celular. No entanto, o sedentarismo, o consumo de dietas com elevado teor de lipídios, carboidratos simples e carentes de cereais integrais, frutas e vegetais favorecem o aumento do estresse oxidativo e do processo inflamatório associado à obesidade e instalação de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) (GIUGLIANO et al., 2006; LEE et al., 2011).

O tecido adiposo branco, anteriormente um órgão de depósito energético, atualmente, é considerado um órgão endócrino em razão da produção de adipocinas envolvidas na sinalização homeostática para o próprio tecido adiposo, para órgãos sensíveis a ação da insulina e para o estado nutricional do organismo. Ressalva-se que o aumento da adiposidade pode ser prejudicial a esta sinalização em função da liberação de citocinas de caráter inflamatório que estão relacionadas à instalação da resistência à insulina, diabetes tipo 2 e certos tipos de câncer (SHOELSON et al., 2007; LEE et al., 2009).

Entretanto, o organismo possui mecanismos capazes de combater o processo inflamatório e a ação de radicais livres como o mecanismo anti-inflamatório e os antioxidantes enzimático e não enzimáticos (MEDZHITOV, 2010; LEE et al., 2011). Dentre estes, ressalta-se o sistema antioxidante não enzimático constituído das vitaminas, dos minerais e dos compostos fenólicos de origem dietética, que pode ter influência sobre o estado de estresse oxidativo e inflamação (GALLEANO et al., 2012).

Estudos têm evidenciado que o consumo de cereais integrais pode ser efetivo contra a redução dos riscos do desenvolvimento das DCNT. A presença e concentração de fibra alimentar e dos micronutrientes na camada externa do grão e do interior do germe são os componentes relacionados ao combate ao estresse oxidativo e à inflamação. O sorgo, cereal com elevado teor de polifenóis, taninos, antocianinas e baixa digestibilidade do amido, tem sido apresentado como uma alternativa de consumo aos cereais convencionais e como um alimento rico em antioxidantes de origem dietética que podem reduzir os riscos das doenças relacionadas à produção de radicais livres e inflamação.

O amido, principalmente o amido resistente, do sorgo é um dos componentes que permitem relacioná-lo a redução do risco de DCNT, em razão da baixa digestibilidade dele. Além disto, o sorgo contém -glicana, composto que pode reduzir a absorção de carboidratos, que em associação ao amido resistente atuam como fibra alimentar, capazes de diminuir a digestão do amido e reduzir a captação entérica de glicose. Este fato pode contribuir para a redução dos riscos relacionados à obesidade, principalmente, no desenvolvimento do Diabetes mellitus tipo

2 (DM 2), por reduzir a resposta glicêmica do alimento (NIBA; HOFFMAN, 2003).

Entretanto, deve-se ressaltar que as respostas fisiológicas do organismo podem ser diferentes frente ao consumo do alimento, pois a distribuição dos nutrientes nos grãos é variável (AL-RABADI et al., 2012). Isto ocorre, principalmente, quando os grãos são moídos e as partículas de tamanhos diferentes são separadas, seja por meio de peneiragem ou da decorticação. Esta resposta foi observada por Lakshmi e Vimala (1996) ao relatarem maiores concentrações de glicose sérica em indivíduos diabéticos que consumiram alimentos com sorgo decorticado em relação àqueles que consumiram o sorgo integral nas preparações.

Os compostos fenólicos do sorgo também são relacionados a benefícios associados ao tratamento do diabetes. Os animais com diabetes induzido por meio da aplicação de estreptozotocina receberam extrato fenólico de sorgo na concentração de 250 mg kg^{-1} , durante 14 dias. Estes animais apresentaram aumento da insulina sérica e diminuição dos níveis séricos de glicose, colesterol total e triglicerídeos (CHUNG et al., 2011).

Evidências de que o sorgo pode auxiliar no combate ao câncer de cólon foram demonstradas com a utilização de extratos de três tipos de sorgo de coloração de pericarpo diferentes. Neste estudo, o extrato de sorgo de pericarpo negro, contendo 3-deoxiantocianina, induziu a atividade da enzima de fase II, a qual é um indicador da proteção das células contra agentes cancerígenos e toxicidades (YANG et al., 2009).

O extrato etanólico de farelo de sorgo negro também foi utilizado com células mononucleares de sangue periférico humano para demonstrar a atividade anti-inflamatória do cereal. O extrato foi capaz de inibir de maneira dose-dependente a liberação de citocinas pró-inflamatórias. O fator de necrose tumoral α (TNF- α) foi inibido em 52 e 84% utilizando-se diluições de 1:200 e 1:100, respectivamente. Além deste fato, a liberação da interleucina 1 β (IL-1 β) foi inibida quase totalmente na diluição de 1:100. Atividade anti-inflamatória do sorgo foi atribuída ao seu teor de fenólicos e atividade antioxidante (BURDETTE et al., 2010).

O consumo de farinha de sorgo de pericarpo vermelho também demonstrou efeito anti-inflamatório e antioxidante quando adicionada em dieta hiperlipídica de ratos *Wistar* (35 d). Houve diminuição da expressão de mRNA de TNF- α do tecido adiposo epididimal e na concentração do marcador de peroxidação lipídica (TBARS) do tecido hepático dos animais alimentados com a farinha.

O sorgo é um cereal de fonte de fibra alimentar e compostos fenólicos que pode ser inserido na alimentação humana como uma alternativa importante para melhorar a saúde tendo em vista seus efeitos sobre a obesidade e comorbidades associadas.

Referências

AL-RABADI, G. J.; TORLEY, P. J.; WILLIAMS, B. A.; BRYDEN, W. L.; GIDLEY, M. J. Particle size heterogeneity in milled barley and sorghum grains: effects on physico-chemical properties and

starch digestibility. **Journal of Cereal Science**, London, v. 56, n. 2, p. 396-403, 2012.

BURDETTE, A.; GARNER, P. L.; MAYER, E. P.; HARGROVE, J. L.; HARTLE, D. K.; GREENSPAN, P. Anti-inflammatory activity of select sorghum (*Sorghum bicolor*) brans. **Journal of Medicinal Food**, v. 13, n. 4, p. 879-887, 2010.

CHUNG, I.-M.; KIM, E.-H.; YEO, M.-A.; KIM, S.-J.; SEO, M.-C.; MOON, H.-I. Antidiabetic effects of three Korean sorghum phenolic extracts in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 1, p. 127-132, 2011.

FARDET, A.; ROCK, E.; RÉMÉSY, C. Is the in vitro antioxidant potential of whole-grain cereals and cereal products well reflected in vivo? **Journal of Cereal Science**, London, v. 48, n. 2, p. 258-276, 2008.

GALLEANO, M.; CALABRO, V.; PRINCE, P. D.; LITTERIO, M. C.; PIOTRKOWSKI, B.; VAZQUEZ-PRIETO, M. A.; MIATELLO, R. M.; OTEIZA, P. I.; FRAGA, C. G. Flavonoids and metabolic syndrome. **Annals of the New York Academy of Sciences**, New York, v. 1259, n. 1, p. 87-94, 2012.

GIUGLIANO, D.; CERIELLO, A.; ESPOSITO, K. The effects of diet on inflammation: emphasis on the metabolic syndrome. **Journal of the American College of Cardiology**, New York, v. 48, n. 4, p. 677-685, 2006.

LAKSHMI, K. B.; VIMALA, V. Hypoglycemic effect of selected sorghum recipes. **Nutrition Research**, New York, v. 16, n. 10, p. 1651-1658, 1996.

LEE, D.-E.; KEHLENBRINK, S.; LEE, H.; HAWKINS, M.; YUDKIN, J. S. Getting the message across: mechanisms of physiological cross talk by adipose tissue. **American Journal of Physiology. Endocrinology And Metabolism**, Bethesda, v. 296, n. 6, p. E1210-E1229, 2009.

LEE, S.; PARK, Y.; ZUIDEMA, M. Y.; HANNINK, M.; ZHANG, C. Effects of interventions on oxidative stress and inflammation of cardiovascular diseases. **World Journal of Cardiology**, v. 3, n. 1, p. 18-24, 2011.

MEDZHITOV, R. Inflammation 2010: new adventures of an old flame. **Cell**, Cambridge, v. 140, n. 6, p. 771-776, 2010.

NIBA, L. L.; HOFFMAN, J. Resistant starch and [beta]-glucan levels in grain sorghum (*Sorghum bicolor* M.) are influenced by soaking and autoclaving. **Food Chemistry**, Barking, v. 81, n. 1, p. 113-118, 2003.

SHOELSON, S. E.; HERRERO, L.; NAAZ, A. Obesity, inflammation, and insulin resistance. **Gastroenterology**, Philadelphia, v. 132, n. 6, p. 2169-2180, 2007.

YANG, L.; BROWNING, J. D.; AWIKA, J. M. Sorghum 3-Deoxyanthocyanins possess strong phase II enzyme inducer activity and cancer cell growth inhibition properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, n. 5, p. 1797-1804, 2009.

YOUSIF, A.; NHEPERA, D.; JOHNSON, S. Influence of sorghum flour addition on flat bread in vitro starch digestibility, antioxidant capacity and consumer acceptability. **Food Chemistry**, Barking, v. 134, n. 2, p. 880-887, 2012.

Potencial do Sorgo para Modular Parâmetros Relacionados à Obesidade em Humanos

Leandro de Moraes Cardoso, Soraia Silva Pinheiro, Hércia Stampini Duarte Martino, Helena Maria Pinheiro Sant'Ana

Universidade Federal de Viçosa - UFV, Departamento de Nutrição e Saúde.

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é um cereal da família Poaceae, nativo da África e domesticado entre 3.000 e 5.000 anos atrás (U.S. GRAINS COUNCIL, 2004). Ele é o quinto cereal mais produzido no mundo, sendo precedido pelo trigo, arroz, milho e pela cevada (FAO, 2014). Em todo o mundo, existem mais de 7.000 variedades de sorgo (KANGAMA; RUMEL, 2005).

O sorgo possui elevado valor nutricional, sendo composto basicamente por amido, que é menos digerível que o de outros cereais, proteínas de baixa digestibilidade (principalmente kafirinas) e lipídios insaturados. É fonte de minerais (especialmente fósforo, potássio e zinco), vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina e piridoxina) e vitaminas lipossolúveis (D, E e K). Além disso, algumas variedades de sorgo, especialmente aquelas com pericarpo vermelho, marrom ou preto apresentam um alto teor de compostos fenólicos benéficos à saúde humana (i.e., 3-deoxiantocianidinas e taninos).

Os resultados de estudos *in vitro* e em animais têm demonstrado que os compostos isolados do sorgo, especialmente as 3-deoxiantocianidinas, taninos e lipídios promovem alterações benéficas em parâmetros relacionados à obesidade e comorbidades, como o estresse oxidativo,

inflamação, diabetes e dislipidemia (MURIU et al., 2002; KAMATH et al., 2007; SHIH et al., 2007; FARRAR et al., 2008; AWIKA et al., 2009; YANG et al., 2009; KIM; PARK, 2012; MORAES et al., 2012; WOO et al., 2012). No entanto, o conhecimento dos mecanismos pelos quais os compostos ativos do sorgo promovem esses benefícios funcionais ainda é incipiente.

A obesidade é uma pandemia que se correlaciona com várias doenças não transmissíveis. Os resultados de estudos em animais demonstraram que o sorgo rico em taninos reduziu o ganho de peso em animais (ratos, porcos, coelhos e aves) (AL-MAMARY et al., 2001; MURIU et al., 2002). O menor ganho de peso é indesejável em animais para abate, mas pode trazer benefícios quanto à obesidade em seres humanos. A capacidade do sorgo em diminuir o ganho de peso em animais resulta em parte da complexação dos compostos fenólicos com o amido e proteínas, o que diminui o aporte calórico. Além disso, os taninos diminuem a digestão do amido através da inibição das enzimas sacarase e amilase (NYAMAMBI et al., 2000; OSMAN, 2004; TAYLOR et al., 2007; ALI et al., 2009; FRAZIER et al., 2010; RAHMAN; OSMAN, 2011; BARROS et al., 2013). Ressalta-se que o alto consumo de sorgo rico em taninos pode reduzir a biodisponibilidade de ferro e zinco (TOWO et al., 2006).

A obesidade é caracterizada por um baixo grau de inflamação crônica com aumento de citocinas pró-inflamatórias e diminuição das anti-inflamatórias (GREGOR; HOTAMISLIGIL, 2011). Em um estudo *in vitro*, extratos de sorgo ricos em 3-deoxiantocianidinas inibiram a secreção de citocinas pró-inflamatórias (interleucina-1 β (IL-1 β), fator de necrose tumoral- α

(TNF- α) e óxido nítrico) em células mononucleares humanas ativadas com o lipopolissacarídeo bacteriano (BURDETTE et al., 2010; MORAES et al., 2012; PARK et al., 2012).

A obesidade correlaciona-se diretamente com alterações no perfil lipídico, o que aumenta o risco para doenças cardiovasculares (CHO et al., 2000). Estudos em animais demonstraram que a suplementação da dieta com lipídios de sorgo reduziu o colesterol hepático e plasmático de hamsters normo-lipidêmicos (CARR et al., 2005; HOI et al., 2009). Os fitoesteróis são um dos principais compostos bioativos da fração lipídica de sorgo capaz de inibir a absorção do colesterol. Além de diminuir a absorção do colesterol exógeno, a fração lipídica de sorgo afeta a síntese e a excreção de colesterol endógeno. Em um dos primeiros estudos *in vitro* sobre este tema, a fração lipídica de sorgo inibiu de forma dose-dependente a atividade da enzima o 3-hidroxi-3-metilglutaril CoA (HMG-CoA), uma enzima-chave para síntese de colesterol (CHO et al., 2000).

Além de modular o metabolismo lipídico, os compostos fenólicos isolados de sorgo regulam a expressão de enzimas de fase II, especialmente a NADH:quinona oxirredutase (NQO) e a superóxido dismutase (LEWIS, 2008; AWIKA et al., 2009; YANG et al., 2009; GONZÁLEZ-MONTILLA et al., 2012; MORAES et al., 2012). Estas enzimas modulam o sistema de defesa contra o estresse oxidativo através da contínua conversão de espécies eletrofílicas altamente reativas em metabólitos não tóxicos e excretáveis (TAKABE et al., 2006; GONZÁLEZ-MONTILLA et al., 2012).

Existem evidências de que o sorgo pode modular o metabolismo da glicose em animais, por causa da ação dos seus compostos fenólicos. Em estudos com ratos, a ingestão de extratos de compostos fenólicos de sorgo reduziu a área sob a curva de glicose e glicemia de jejum (CHUNG et al., 2011; KIM; PARK, 2012; PARK et al., 2012). Os efeitos do sorgo sobre o metabolismo glicêmico, incluindo a redução da glicemia, envolvem mecanismos moleculares, incluindo a inibição da gliconeogênese hepática através da supressão dos genes PEPCK e p38 e superexpressão do gene AMPK (KIM; PARK, 2012).

Estudos são necessários para determinar os efeitos preventivos e terapêuticos do sorgo integral e de suas frações na saúde humana, incluindo a expressão gênica e proteica. Atenção deve ser dada à resposta do organismo humano a estes compostos, a qual pode ser dependente da sua biodisponibilidade. Assim, a avaliação da biodisponibilidade de compostos bioativos de sorgo é essencial para determinar os benefícios de grãos de sorgo e compostos bioativos na saúde humana.

O potencial funcional das variedades de sorgo varia em função do perfil de compostos bioativos presentes no grão. Estudos recentes demonstraram que a apigeninidina e luteolinidina não induzem a atividade da NQO (AWIKA et al., 2009; YANG et al., 2009). Por outro lado, as suas formas de 7-metoxiladas são forte indutores da NQO (AWIKA et al., 2009; YANG et al., 2009). Neste contexto, a seleção de variedades de sorgo e o aperfeiçoamento de práticas agrícolas deve ser realizados para garantir a acumulação de componentes bioativos que irão maximizar os benefícios do cereal em seres humanos. Além disso, a avaliação dos efeitos de diferentes condições de processamento na

concentração dos compostos bioativos é essencial para definir o modo de utilização em que o sorgo promove o máximo de benefícios à saúde humana.

Em conclusão, o sorgo é fonte de nutrientes e compostos bioativos, especialmente de 3-deoxiantocianidinas, taninos e policosanóis, que modulam beneficamente, *in vitro* e em animais, parâmetros relacionados a doenças não-transmissíveis. No entanto, os efeitos de sorgo integral e de suas frações em parâmetros relacionados à obesidade humana necessitam ser avaliados.

Referências

AL-MAMARY, M.; MOLHAM, A.-H.; ABDULWALI, A.-A.; AL-OBEIDI, A. In vivo effects of dietary sorghum tannins on rabbit digestive enzymes and mineral absorption. **Nutrition Research**, NewYork, v. 21, n. 10, p. 1393-1401, 2001.

ALI, N. M. M.; ELTINAY, A. H.; ELKHALIFA, A. E. O.; SALIH, O. A.; YOUSIF, N. E. Effect of alkaline pretreatment and cooking on protein fractions of a high-tannin sorghum cultivar. **Food Chemistry**, Barking, v. 114, n. 2, p. 646-648, 2009.

AWIKA, J. M.; YANG, L.; BROWNING, J. D.; FARAJ, A. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 1041-1046, 2009.

BARROS, F.; AWIKA, J.; ROONEY, L. W. Effect of molecular weight profile of sorghum proanthocyanidins on resistant starch

formation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 94, n. 6, p. 1212-1217, 2013.

BURDETTE, A.; GARNER, P. L.; MAYER, E. P.; HARGROVE, J. L.; HARTLE, D. K.; GREENSPAN, P. Anti-inflammatory activity of select sorghum (*Sorghum bicolor*) brans. **Journal of Medicinal Food**, v. 13, n. 4, p. 879-887, 2010.

CARR, T. P.; WELLER, C. L.; SCHLEGLE, V. L.; CUPPERT, S. L.; GUDERIAN JR.; D. M.; JOHNSON, K. R. Grain sorghum lipid extract reduces cholesterol absorption and plasma non-HDL cholesterol concentration in hamsters. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 135, n. 9, p. 2236-2240, 2005.

CHO, S. H.; CHOI, Y.; HA, T. Y. In vitro and in vivo effects of prosomillet, buckwheat and sorghum on cholesterol metabolism. **FASEB Journal**, Bethesda, v. 14, p. 249, 2000.

CHUNG, I.-M.; KIM, E.-H.; YEO, M.-A.; KIM, S.-J.; SEO, M.-C.; MOON, H.-I. Antidiabetic effects of three Korean sorghum phenolic extracts in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. **Food Research International**, Ottawa, v. 44, n. 1, p. 127-132, 2011.

FARRAR, J. L.; HARTLE, D. K.; HARGROVE, J. L.; GREENSPAN, P. A novel nutraceutical property of select sorghum (*Sorghum bicolor*) brans: inhibition of protein glycation. **Phytotherapy Research**, London, v. 22, n. 8, p. 1052-1056, 2008.

FAO. **FAOSTAT Production crops**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 19 mar. 2014.

FRAZIER, R. A.; DEAVILLE, E. R.; GREEN, R. J.; STRINGANO, E.; WILLOUGHBY, I.; PLANT, J.; MUELLER-HARVEY, I. Interactions of tea tannins and condensed tannins with proteins. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Amsterdam, v. 51, n. 2, p. 490-495, 2010.

GONZÁLEZ-MONTILLA, F. M.; CHÁVEZ-SANTOSCOY, R. A.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A.; SERNA-SALDIVAR, S. O. Isolation and identification of phase II enzyme inducers obtained from black Shawaya sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] bran. **Journal of Cereal Science**, London, v. 55, n. 2, p. 126-131, 2012.

GREGOR, M. F.; HOTAMISLIGIL, G. S. Inflammatory mechanisms in obesity. **Annual Review of Immunology**, Palo Alto, v. 29, p. 415-445, 2011.

HOI, J. T.; WELLER, C. L.; SCHLEGEL, V.; CUPPETT, S. L.; LEE, J.-Y. Sorghum distillers dried grain lipid extract increases cholesterol excretion and decreases plasma and liver cholesterol concentration in hamsters. **Journal of Functional Foods**, v. 1, n. 4, p. 381-386, 2009.

KAMATH, V.; NIKETH, S.; CHANDRASHEDAR, A.; RAJINI, P. S. Chymotryptic hydrolysates of α -kafirin, the storage protein of sorghum (*Sorghum bicolor*) exhibited angiotensin converting enzyme inhibitory activity. **Food Chemistry**, Barking, v. 100, n. 1, p. 306-311, 2007.

KANGAMA, C. O.; RUMEL, X. Introduction of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) into China. **African Journal of Biotechnology**, v. 4, n. 7, p. 575-579, 2005.

KIM, J.; PARK, Y. Anti-diabetic effect of sorghum extract on hepatic gluconeogenesis of streptozotocin-induced diabetic rats. **Nutrition and Metabolism**, Basel, v. 9, n. 1, p. 1-7, 2012.

LEWIS, J. B. **Effects of bran from sorghum grains containing different classes and levels of bioactive compounds in colon carcinogenesis**. 2008. 107 p. Dissertação (Mestrado) - Texas A&M University, College Station, 2008.

MORAES, E. A.; NATAL, D. I. G.; QUEIROZ, V. A. V.; SCHAFFERT, R. E.; CECON, P. R.; PAULA, P. S. de; BENJAMIM, L. dos A.; RIBEIRO, S. M. R.; MARTINO, H. S. D. Sorghum genotype may reduce low-grade inflammatory response and oxidative stress and maintains jejunum morphology of rats fed a hyperlipidic diet. **Food Research International**, Barking, v. 49, p. 553-559, 2012.

MURIU, J. I.; NJOKA-NJIRU, E. N.; TUITOEK, J. K.; NANUA, J. N. Evaluation of sorghum (*Sorghum bicolor*) as replacement for maize in the diet of growing rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 15, n. 4, p. 565-569, 2002.

NYAMAMBI, B.; NDLOVU, L. R.; READ, J. S.; REED, J. D. The effects of sorghum proanthocyanidins on digestive enzyme activity in vitro and in the digestive tract of chicken. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, n. 15, p. 2223-2231, 2000.

OSMAN, M. A. Changes in sorghum enzyme inhibitors, phytic acid, tannins and in vitro protein digestibility occurring during

Khamir (local bread) fermentation. **Food Chemistry**, Barking, v. 88, n. 1, p. 129-134, 2004.

PARK, J. H.; LEE, S. H.; CHUNG, I. M.; PARK, Y. Sorghum extract exerts an anti-diabetic effect by improving insulin sensitivity via PPAR- γ in mice fed a high-fat diet. **Nutrition Research and Practice**, v. 6, n. 4, p. 322-327, 2012.

RAHMAN, I. E. A.; OSMAN, M. A. W. Effect of sorghum type (Sorghum bicolor) and traditional fermentation on tannins and phytic acid contents and trypsin inhibitor activity. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 9, n. 3, p. 163-166, 2011.

SHIH, C.-H.; SIU, S. O.; NG, R.; WONG, E.; CHIU, L. C.; CHU, I. K.; LO, C. Quantitative analysis of anticancer 3-deoxyanthocyanidins in infected sorghum seedlings. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 2, p. 254-259, 2007.

TAKABE, W.; MATSUKAWA, N.; KODAMA, T.; TANAKA, K.; NOGUCHI, N. Chemical structure-dependent gene expression of proteasome subunits via regulation of the antioxidant response element. **Free Radical Research**, London, v. 40, n. 1, p. 21-30, 2006.

TAYLOR, J.; BEAN, S. R.; IOERGER, B. P.; TAYLOR, J. R. N. Preferential binding of sorghum tannins with γ -kafirin and the influence of tannin binding on kafirin digestibility and biodegradation. **Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 46, p. 22-31, 2007.

TOWO, E.; MATUSCHEK, E.; SVANBERG, U. Fermentation and enzyme treatment of tannin sorghum gruels: effects on phenolic compounds, phytate and in vitro accessible iron. **Food Chemistry**, Barking, v. 94, n. 3, p. 369-376, 2006.

U.S. GRAINS COUNCIL. **Sorghum handbook**: white sorghum, the new food grain. Washington, 2004.

WOO, H. J.; OH, I. T.; LEE, J. Y.; JUN, D. Y.; SEU, M. C.; WOO, K. S.; NAM, M. H.; KIM, Y. H. Apigeninidin induces apoptosis through activation of Bak and Bax and subsequent mediation of mitochondrial damage in human promyelocytic leukemia HL-60 cells. **Process Biochemistry**, London, v. 47, n. 12, p. 1861-1871, 2012.

YANG, L.; BROWNING, J. D.; AWIKA, J. M. Sorghum 3-deoxyanthocyanins possess strong phase II enzyme inducer activity and cancer cell growth inhibition properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, n. 5, p. 1797-1804, 2009.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

